

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

AG

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10027946 A

(43) Date of publication of application: 27.01.98

(51) Int. Cl

H01S 3/18
H04B 10/28
H04B 10/02

(21) Application number: 08181856

(22) Date of filing: 11.07.96

(71) Applicant: HITACHI LTD

(72) Inventor: UDA MASAHIKO
MOMOSE MASAYUKI
NAKATSUKA SHINICHI

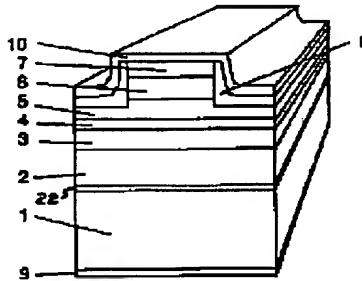
(54) SEMICONDUCTOR LASER SYSTEM, IMAGE DISPLAY AND PHOTO-TRANSMISSION SYSTEM

between the n type clad layer 6 and the contact later 7.

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make feasible of the oscillation in a visible wavelength region by forming a clad layer in a formula shown composition meeting the lattice matching requirements with a substrate on the upper part of a p conductivity type ZnTe single crystalline substrate.

SOLUTION: A p type ZnPe layer 22 is formed on a p type ZnTe single crystalline substrate 1 further forming formula shown p type clad layer 2 and p type guide layer 3 further an active layer 4 and an n type photo guide layer 5. Next, an oblique composition layer comprising formula shown n type clad layer 6 and a contact layer 7 to an n side electrode 10. This contact layer 7 is grown to make the composition slowly approach to ZnSe in order to improve the electrical conduction between the n side electrode 10 and the n type clad layer 6. In such a constitution, the lattice constant from the p type ZnTe single crystalline substrate 1 to the surface of the clad layer 6 is made almost constant. Furthermore, the lattice constant is reduced bounded by the interface

 $Zn_xMg_{1-x}Se_{(1-x)}Te_{x-(1-x)}$ ($0 \leq x < 1$)

(51) Int.Cl.⁶
H01S 3/18
H04B 10/28
10/02

識別記号 庁内整理番号

F I
H01S 3/18
H04B 9/00

技術表示箇所

W

審査請求 未請求 請求項の数 9 O.L. (全11頁)

(21)出願番号 特願平8-181856

(22)出願日 平成8年(1996)7月11日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 右田 雅人

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 百瀬 正之

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 中塚 慎一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】半導体レーザ装置、画像表示装置、及び光伝送システム

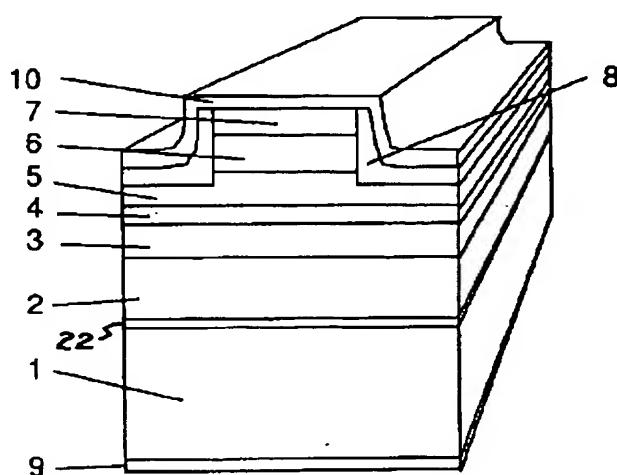
(57)【要約】

【課題】 波長400から700nmの波長域の実用レベルの性能を有するII-VI族半導体レーザの提供を可能にすること。

【解決手段】 レーザ材料と同じII-VI族化合物半導体であるp型ZnTeを基板に用い、クラッド層の組成をZnMgSeTeとすることでレーザ共振器を構成する半導体積層構造を基板との格子整合条件を満たした条件下で形成する。

【効果】 ZnMgSeTeのクラッド層組成を調整することで所望の発光組成を有する活性層を基板と格子整合させて形成できるため、活性層内で発生する積層欠陥や転位などの欠陥の発生を抑制でき、素子の温度特性も顕著に改善できる。

図6



【特許請求の範囲】

【請求項1】 p伝導型ZnTe単結晶基板上部に該基板と実質的に格子整合条件を満たすよう形成されたZn_xMg_{1-x}Se_(1-x)Te_(1-x) (0≤x<1)の組成を有するクラッド層を含むことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 上記クラッド層の組成のyは、略0.5であることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】 上記クラッド層に挟まれるように形成された活性層は、Zn_xCd_{1-x}Se_(1-x)Te_(1-x) (0≤x≤1)の組成からなり、yは略0.884であることを特徴とする請求項1項又は請求項2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】 上記クラッド層に挟まれるように形成された活性層は、Zn_xMg_{1-x}Se_(1-x)Te_(1-x) (0≤x≤1)の組成を有し、室温における該活性層の禁制帯幅は上記クラッド層の禁制帯幅より少なくとも0.3eV以上小さいことを特徴とする請求項1及び第2項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】 p型ZnTeを電流狭窄部の埋込材料に用いたことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】 請求項1乃至4の半導体レーザ装置を光源として備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項7】 上記半導体レーザ装置は、利得導波型又は高周波重疊型の共振器構造を有することを特徴とする請求項6に記載の画像表示装置。

【請求項8】 600nm以下の発振波長の光源を含み且つ該光源により光信号を送信する信号送信手段と、該信号送信手段からの光信号を受信する信号受信手段と、該信号発振手段と該信号受信手段とを結び該光信号を伝送するプラスティックファイバからなる伝送線からなり、上記伝送線の少なくとも一は3km以上の長さを有することを特徴とする光伝送システム。

【請求項9】 半導体レーザにより光信号を発信する光信号発信手段と、該光信号を伝送する有機材料からなる伝送線とを含み、上記半導体レーザの発振波長における上記伝送線の伝送損失は0.1dB/m以下であることを特徴とする光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体光素子及びそれを応用した装置に関わり、特に光記録再生装置、画像発生装置、光情報処理端末装置、あるいはプラスティックファイバ等を信号伝送路とする光通信システムに有用な半導体レーザに関わる。より詳しく述べると、II-VI族化合物材料を用いる可視から紫外波長域に発振波長を

有する半導体レーザならびに発光ダイオードと、半導体レーザを光源に用いた画像表示装置などの装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 600nm以下の波長帯で動作する半導体レーザは、非線形光学結晶を用いて高次の光高調波を発生させる所謂SHG方式以外の方法では、現在のところ実用化されていない。最近、GaAsを基板に用いてその上にクラッド層としてZnMgSSe、活性層としてZnCdSeからなるII-VI族化合物半導体レーザの研究が行われている。ここで、II-VI族化合物半導体とはアルカリ土類金属（例えば、Mg）や亜鉛族（例えば、Zn、Cd）等の+2の酸化状態を示す元素（所謂、II族元素）とカルコゲン（例えば、S、Se、Te）等の-2の酸化状態を示す元素（所謂、VI族元素）からなる半導体材料を定義する。しかしながら、レーザ動作時に急速な性能劣化が起こるためにZnMgSSe系半導体を活性層に用いて実現される青緑色半導体レーザの寿命は数時間に留まり、製品水準である1万時間以上の寿命を得るに到っていない。

【0003】 一方、p型ZnTeを基板に用いてその上に上述のII-VI族半導体を積層して成る発光素子が2例知られている。第一の例（特開昭57-26491号公報参照）はp型ZnTe基板上にZn_{1-x}Cd_xSe_xTe_{1-x} (0<x<1)により構成される発光素子に関するものであり、第二の例（特開平04-133478号公報参照）はp型ZnTe基板上にMg_xZn_{1-x}Te_x (0<x<1)の組成により構成される発光素子に関するものである。

【0004】 第一の例は、p-ZnTe基板上にn-Zn_{1-x}Cd_xSe_xTe_{1-x}からなる活性層を、さらに当該活性層上にn'-Zn_{1-x}Cd_xSe_xTe_{1-x}をそれぞれ格子整合させて積層することで、発光波長650nmの光源を実現するものである。しかし、この例では活性層とクラッド層との間のバンドオフセットが十分にとれないために実現できる光源の発光波長は700nm付近の近赤外領域に限られ、可視域の発光素子としては機能しないという重大な欠点があった。

【0005】 一方、第二の例は、p-ZnTe基板上に

p-Mg_xZn_{1-x}Teからなるクラッド層、アンドープのMg_xZn_{1-x}Te (x<0.5)からなる活性層、n-Mg_xZn_{1-x}Teからなるクラッド層をこの順に積層し、発光波長が490nm (x=0.25)又は540nm (x=0.1)の半導体発光素子を実現するものである。ここで、活性層のエネルギーバンドギャップEg (単位: eV)と発光波長λ (単位: nm)の関係は次式で表される。

【0006】

$$Eg = 1.24 / \lambda$$

…(数式1)

しかし、第2の例では基板と結晶との格子整合条件を満足出来ないために結晶品質が劣悪になり、そのために実用に耐え得る発光素子の作製が不可能であると言う重大な欠点を有していた。即ち、活性層に結晶欠陥が多く存在するため、本来発光に寄与すべきキャリア（電子、正孔）の損失が多く、また発光したとしてもこれに伴う結晶の温度上昇に伴い活性層・クラッド層間の格子不整合が増長し、さらに多くの結晶欠陥が活性層内で増殖するという問題を抱えていた。従ってこの例に基づいて発光ダイオードを構成しても寿命が短く、さらに半導体レーザを構成しても活性層やクラッド層に存在する結晶欠陥の多さからレーザ発振が殆ど不可能であった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】実用レベルの性能を有するII-VI族化合物半導体レーザを提供するためには、以下に述べる課題の解決が必要である。

【0008】まず、GaAs基板を用いたZnMgSSe系レーザ素子では、基板界面近傍で発生する熱歪、価電子数の不整合性、および界面近傍で形成されるGa_xSe_y層中の空孔の影響を受けて、基板との界面付近において結晶欠陥の濃度が著しく高くなることを避けることが出来ない（技術課題1）。それに加えて、p型ZnMgSSe中の正孔濃度を10¹⁷cm⁻³以上に高くすることが困難するために、素子の電気抵抗を下げることができず、電流注入時に起こる素子内の温度上昇の抑制が困難である（技術課題2）。また基板よりも1%以上大きな格子定数を持つZnCdSeを活性層に用いる必要があるために大きな圧縮歪が活性層と光ガイド層もしくはクラッド層との間に掛っている（技術課題3）。従って、電流注入時に、界面近傍の熱応力の開放と共に発生するミスフィット転位や成長時に生成する積層欠陥を源として転位が増殖し、素子の温度上昇とともにその成長が加速され、活性層を貫通するに至る（貫通転位の成長）。このことをトリガーとして、活性層内の大きな圧縮歪による応力を緩和させるように原子の再配列が引き起こされ、レーザ素子を破壊に到らしめることが実験により明らかにされている。それ故に現状では、ZnMgSSe系青緑色半導体レーザの寿命は、製品水準である室温連続動作時の寿命が1万時間以上に達するに至っていない。

【0009】一方、近年良質のZnSeバルク単結晶を基板に用いたII-VI族半導体レーザが報告されている

(ELECTRONICS LETTERS, Vol. 31 No. 16 (1995年8月3日刊行) pages 1341-1342)。この文献は、n-ZnSe基板上部にZnCdSeからなる活性層を設け、当該活性層の上下を挟むようにZnSeからなる光ガイド層を形成し、さらに光ガイド層の上下を挟むようにZnMgSSeクラッド層を形成してなる半導体レーザを開示し、その発振波長は485乃至517nmになることを教示する。この半導体レーザでは、ZnSe基板やZn

Se光ガイド層との格子整合を考慮してクラッド層をZnMgSSeで形成する一方、活性層をZnSe光ガイド層と格子整合しないZnCdSeからなる量子井戸層(pseudomorphically-strained quantum well)として形成している。

【0010】しかし、この文献が開示する半導体レーザにおいても、上述の第2の従来例に見られた基板と活性層との格子不整合に起因する問題に対する配慮が不十分であった。即ち、ZnSeからなる基板又は層との格子

整合を考えて採用したZnMgSSeクラッド層において、構成元素の一つであるSがその蒸気圧の高さ故、素子の製造工程や素子の動作中における温度上昇でクラッド層から抜け、これにより当該クラッド層の化学量論組成が崩れる(VI族元素が入るサイトに不自然な空孔が生じる)という新たな現象が見出されたのである。この現象が生じた結果、ZnSe基板又はZnSe光ガイド層とZnMgSSeクラッド層との間の格子整合は損なわれ、夫々の層は互いの結晶構造を歪ませる応力を加えあう。このような層間に生じる歪エネルギーは、ZnMgSSe層からのSの脱離が進むにつれて高まり、各層においては、このエネルギーを駆動力とした転位(結晶欠陥)の増殖が進行し素子を劣化させる。

【0011】上述のようにZnCdSe活性層は、元來ZnSe光ガイド層に対し格子不整合の条件で接合されているが、光ガイド層との格子定数の差及び層厚(60~200Å)を調整することで層内における転位の発生を抑止している。しかし、Sの脱離に伴うZnMgSSe層との格子不整合の増長によりZnSe光ガイド層の結晶構造が歪むことで、予期せぬ圧縮応力が活性層に掛かり素子性能は急速に劣化する(上述の技術課題3)。

【0012】さらに、レーザ素子用基板として充分な品質のZnSe単結晶の作製は困難を極める上に、量産化技術も確立されていないため、安価で良質な結晶の入手が不可能であるという大きな欠点を有している(技術課題4)。

【0013】これらの理由からZnSe単結晶を基板に用いたII-VI族化合物半導体レーザも現在実用化されるに至っていない。

【0014】本発明は、以上の技術的課題を解決し、实用レベルの性能を有する400nmから700nmの可視波長域、特に実用化が困難とされた600nmの波長領域で発振するII-VI族半導体レーザの提供を可能にすることを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、本発明では基板材料に立方晶閃亜鉛構造のp-ZnTeを、クラッド層にZnMgSeTeを夫々用い、クラッド層のZnMgSeTe組成をZnTe基板と実質上格子整合するように選んでII-VI族半導体レーザを形成する。その長所は以下の通りである。

【0016】1. レーザ光を発振するための共振器構造を形成する材料と同じII-VI族化合物半導体であるp型ZnTeを基板に用いると、GaAs基板を用いる場合に比べて基板界面での熱歪の発生を抑制できる。また価電子数の整合性をとることが出来る上に、Ga, Se, 層が形成されないので、基板界面で発生する積層欠陥や転位などの欠陥の発生を抑制できる（技術課題1の改善）。

【0017】2. クラッド層をZnMgSeTeで構成することにより、硫黄(S)を構成元素から外せるため、クラッド層の化学量論組成の実質上の安定性（即ち、レーザ発振に支障を来さない結晶品質）が確保できる。また、p伝導型のZnMgSeTeクラッド層とp伝導型のZnTe基板（又はバッファ層）とを接合することで、p側クラッドの直列抵抗を著しく改善できる。即ち、基板とクラッドとの間の価電子帯のエネルギー差が0.3eVと小さいために、正孔注入時の抵抗成分を $10^{-3}\Omega\text{cm}^2$ 以下にできるので熱の発生を抑制でき、素子の温度特性を顕著に改善できる（技術課題2の改善）。

【0018】3. p-ZnTe基板とZnMgSeTeクラッド層を採用することにより、基板から活性層上部のクラッド層に到るまで格子整合条件を満たすように素子構造を作製できる。これにより、活性層近傍での歪による応力の発生を完全に抑制できる（技術課題3の改善）。

【0019】4. ZnTe単結晶は、ZnSeに比べて、良質な結晶の作製が容易で量産性が良好な上に、GaAsよりも安価な単結晶の入手が可能である。したがって、本発明を用いると従来技術の課題を全く克服できるために、製品水準の性能を有する低価格のII-VI族化合物半導体レーザを作製できる（技術課題4の改善）。

【0020】次に、基板材料にp-ZnTeを、クラッド層にZn_{1-x}Mg_xSe_{1-y}Te_y（0≤x<1）を夫々用いてII-VI族化合物半導体レーザを形成する根拠について、図1を参照して説明する。図1には、本発明者が算出したII-VI族系化合物半導体の結晶の室温(25℃)における格子定数の概算値と禁制帯幅の関係が、プロットされている。ここで格子定数のデータを概算値として示した理由は、結晶の格子定数は厳密には

40

6

その環境温度により微妙に変わること、本発明の半導体レーザ装置の作製指針に十分な精度であることである。各化合物毎の格子定数（概算値）-禁制帯幅は、ZnTeで6.10nm-2.26eV、MgTeで6.30nm-3.2eV、MgSeで5.90nm-3.5eV、CdTeで6.48nm-1.44eV、CdSeで6.05nm-1.7eV、及びZnSeで5.67nm-2.67eVである。

【0021】図1から明らかなように、ZnTeなる半導体層を構成するII族元素Znの少なくとも一部をMgで置き換えるとき、VI族元素Teの一部をSeで置き換えることにより当該半導体層の格子定数をZnTeのそれに近づけられる。またZnをCdで置き換えるときも、VI族元素Teの一部をSeで置き換えることで当該半導体層の格子定数をZnTeのそれに近づけられる。一方、ZnTe半導体層の禁制帯幅は、ZnをMgで置き換えるに従って広がり、ZnをCdで置き換えるに従って狭まる。この図から、クラッド層をZnMgSeTeなる4元系、又はMgSeTeなる3元系の化合物半導体で、活性層をZnCdSeTeなる4元系、又はCdSeTeなる3元系の化合物半導体で構成することで、活性層へのキャリア閉じ込め効率の高い半導体レーザをZnTe基板上に実質的な格子整合条件を満たして実現できることが明らかであろう。

【0022】本発明者は、図1に示したデータを基にp-ZnTe基板とこれに実質上格子整合するZn_{1-x}Mg_xSe_{1-y}Te_yクラッド層（0≤x<1）とを組み合わせて半導体レーザ装置を構成する利点を次のように説明する。クラッド層は活性層より大きな禁制帯幅を有することを要請されるが、本発明によれば、活性層の組成によりその値がZnTe以上となっても十分な大きさの禁制帯幅を有し且つZnTe基板と格子整合するクラッド層組成を容易に見出せるからである。即ち、Zn_{1-x}Mg_xSe_{1-y}Te_yクラッド層に対し、4元系の化合物1モルがy(1-x)モルのMgSe、(1-y)(1-x)モルのMgTe及びxモルのZnTeからなると考え、クラッド層に所望する禁制帯幅E_{gcl}に対し次の連立方程式を解けばよいのである。

【0023】

$$【数2】 5.90y(1-x) + 6.10x + 6.30(1-y)(1-x) = 6.10 \quad \cdots (\text{式2})$$

【0024】

$$【数3】 3.5y(1-x) + 2.26x + 3.2(1-y)(1-x) = E_{gcl} \quad \cdots (\text{式3})$$

式2は室温における格子整合条件、式3は禁制帯幅の観点に夫々基づくものである。本発明者は、これらの式から算出された組成でクラッド層を形成することにより、実質上結晶欠陥フリーのII-VI族化合物からなる半導体レーザ装置が実現できることを見出した。

【0025】さらに望ましくは、上述のyを0.5に近づけるとクラッド層の組成設定は簡単となる。この点から、クラッド層組成におけるyは略0.5とすることが望ましい。また活性層を基板と格子整合しない所謂歪量子井戸構造とする場合、これに接合されるクラッド層で

50

応力補償を行うように基板に対し若干の格子定数差 (a , $-0.02 < a < 0.02$) を持たせてもよい。このとき、上述の式2の右辺は $6.10a$ となる。

【0026】さて、上述の可視域半導体レーザを光源に用いると、従来になく高密度な記録容量を持つ光ディスク装置、小型高精細画像表示装置が、或いはプラスティックファイバと組み合わせて用いると、LAN(狭域内光通信)、ボード間光インタコネクト、加入者系などの身近で低価格な光通信システムを実現出来る。

【0027】この例として、画像表示装置用光源と光通信光源に本発明に関わる半導体レーザを用いた例をそれぞれ述べる。前者に關し、1993年にデジタルマイクロ反射鏡を用いた高精細投射型ディスプレイが発表されている(SID 93 DIGEST, 47.6 Late-News Paper: pp1012-1015)。現在、その光源には 1 kW の Xe もしくは金属ハライドランプが使用されているが、その劣化寿命は 2000 時間(3ヶ月)以内と短く、しかも交換にかかる費用は一回に付数万円と高価である。本発明による青色、緑色、赤色半導体レーザを光源に使用することにより、光源の寿命を大幅に伸ばすことができる。また装置構成が簡略かつ小型化し、そのため画像発生部と表示スクリーンとが分離出来るなど、低価格化も実現できる。また大幅な少電力化がはかれるので維持費の大幅な低減が可能となる、など省エネルギーなど対環境性も考慮した将来ニーズに適う製品を提供出来る。この他にも液晶投射型ディスプレイ用光源等種々のディスプレイ用光源などにも応用が可能であることはもちろんである。

【0028】また後者に關し、プラスティックファイバ(POF)が現在市販され、低価格の LAN(local area network) 等の光通信システムが市場にで回り始めている。現在、POF の伝送損失スペクトルに整合がとれる最適な波長(560~575 nm)のレーザ光源が存在せず、そのために橙色発光素子、もしくは赤色レーザで代用されている。しかしこれらの光源を用いた場合には、伝送損失が著しく大きくなるために、システムの価格上昇につながるので、信号伝送性能の改善が強く望まれている。本発明による発振波長約 570 nm の半導体レーザを光源に使用すると、伝送損失を大幅に低減でき、かつ伝送帯域を拡大出来るので、伝送特性の大幅な改善が行えた。

【0029】

【発明の実施形態】以下の実施例及びその関連図面に開示する本発明の好ましき実施の形態により、本発明をさらに具体的且つ詳細に説明する。

【0030】<実施例1>本実施例を図2及び図6を参照して説明する。本実施例は、活性層組成を $Z_{n_x}C_{d_{1-x}}S_{e_{1-y}}T_{e_{y-1}}$ ($0 \leq x \leq 1$) の一例である Z_nTe ($x=1.0, y=0$)とした半導体レーザ装置に関するものである。

【0031】室温下でキャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度 $25 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 、比抵抗 $0.07 \Omega\cdot\text{cm}$ の電気特性を有する、厚さ 1 mm、直径 3 インチの p 型 Z_nTe ウエハをレーザ結晶成長用の基板1として使用した。

使用に当たり、次ぎのプロセス前工程を行った。先ず、表面のラッピングを行い、次いで有機洗浄を行った後、ダメージ層をエッチングにより除去した。エッチャントには HCl と HNO_3 の混合液を用い、 $25^\circ C$ 、5 分間のエッチングにより表面を $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度除去した。エッチング後の基板は、純水洗浄と窒素雰囲気中で乾燥を行った後、即座に基板ホルダに取付け、成長炉内に挿入し、減圧下に保持した。レーザ結晶の成長は、原料に固体の Zn、Mg、Se、Te を用いる MBE 法により行った。先ず基板を $610^\circ C$ まで加熱し表面酸化層を除去した。酸化層の除去が完全に行われていることを RHEED で確認した後、基板温度を $320^\circ C$ に下げて、Zn 分子線を照射し基板表面の結晶性を整えた。基板温度を $320^\circ C$ 一定に保持したまま、 50 nm 厚の p 型 Z_nTe 層 22 を成長した。その上に $2\text{ }\mu\text{m}$ 厚の p 型 $Z_{n_{0.1}}Mg_{0.4}Se_{0.4}Te_{0.1}$ クラッド層(p 型キャリアの密度: $p = 4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 2 を積層し、次いで厚さ 120 nm の p 型 $Z_{n_{0.1}}Mg_{0.4}Se_{0.4}Te_{0.1}$ ガイド層($p = 7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 3 を成長した。その上に活性層 4 としてアンドープ Z_nTe を厚さ 10 nm 積層した。

【0032】ここで注釈すれば、 Z_nTe はバルク結晶として形成される場合、若干の Zn が抜けて空のサイト(Zn-vacancy) が結晶中に形成される。この空のサイトの存在は、 Z_nTe の結晶性を実質上損なうものでないが、これによりドーパントを注入しなくとも Z_nTe のバルク結晶は p 型の導電性を示す。これに対し、半導体基板上又は半導体膜上にエピタキシャル成長される Z_nTe 膜は空のサイトが実質上形成されず、従って実質上導電性のない(intrinsic) 結晶となる。

【0033】次ぎに、n 型光ガイド層 5 として厚さ 120 nm の n 型 $Z_{n_{0.1}}Mg_{0.4}Se_{0.4}Te_{0.1}$ (n 型キャリアの密度: $n = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) と n 型クラッド層 6 として厚さ 800 nm の n 型 $Z_{n_{0.1}}Mg_{0.4}Se_{0.4}Te_{0.1}$ ($n = 8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) を順次積層した後、n 側電極とのコンタクト層 7 として $Z_{n_x}Mg_{1-x}Se_{x}Te_{1-x}$ ($0.2 \leq x \leq 0.3, 0.4 \leq y \leq 1$) からなる傾斜組成層を形成した(図2参照)。このコンタクト層 7 は、後の工程でこの上面に形成される n 側電極と上述の n 型クラッド層 6 との電気的な導通を向上させるためのものであり、その組成が徐々に Z_nSe に近づくよう成長させる。このように膜厚方向に組成比を傾斜させて成長させたコンタクト層 7 は、最上部において組成が略 Z_nSe となるようにする。これは、 Z_nSe なる半導体が n 型の導電体として扱うに好適なためである。

【0034】以上の工程を終えた段階での素子の縦方向(成長方向)の格子定数を図5に示す。p-ZnTe 基

板下面から $n-ZnMgSeTe$ のクラッド層 6 上面まで格子定数は略一定となり、 n 型のクラッド層 6 と傾斜組成層 7 との界面を境に減少している（界面に相当する部分を図 5 中の矢印で表示）。これは、図 1 から明らかのように、 $ZnSe$ の格子定数は $ZnTe$ のそれより小さいことによる。コンタクト層の平均キャリア濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であった。

【0035】成長終了後、温度を 30°C 一定に保持し B_r とエタノールとの混合エッチャントを用いてエッチングを行い、ストライプ幅 $8 \mu\text{m}$ の埋込用構造を形成した。その後エピワエハを MOCVD 成長炉に導入し、基板温度 370°C において p 型 $ZnTe$ 電流狭窄層 8 の埋込再生長を行った。再成長後、混合エッチャントでエピ表面をエッチング後、 p 基板側電極 9 に $\text{Ni}/\text{Ti}/\text{Au}$ 、 n 側電極 10 に $\text{In}/\text{Ti}/\text{Au}$ を蒸着した。以上の工程において、 p 型のドーパントには Li 等の I 族元素（アルカリ金属元素）又は N 、 P 、 As 、 Sb 等の V 族元素を、 n 型のドーパントには Al 、 Ga 等の III 族元素又は Cl 、 I 等の VII 族元素（ハロゲン元素）を夫々用いた。

【0036】上述の工程により、共振器長 $600 \mu\text{m}$ 、幅 $850 \mu\text{m}$ のレーザチップを作製後、共振器端面を $\text{TaO}_x/\text{SiO}_2$ 多層膜によりコーティングし、端面反射率を 95% に調整した。このようにして作製された素子は、室温での電流閾値 760 A/cm^2 、発振波長 568 nm 、また 50°C 加速試験における動作寿命は 4800 時間の性能を示した。

【0037】一方、電流狭窄層 8 に、絶縁性ポリイミド樹脂、または SiO_2 を使用した場合の室温での電流閾値はそれぞれ 2.0 kA/cm^2 、 1.4 kA/cm^2 と高い値であることから、埋込層に p 型 $ZnTe$ を使用したことにより表面暗電流が抑えられ、低閾レーザ動作が達成出来たことが確認出来た。

【0038】<実施例 2> 本実施例を図 3 及び図 6 を参考して説明する。本実施例は、活性層組成を $Z_{n-x} \text{Cd}_{x-y} \text{Se}_{y-z} \text{Te}_{z-x}$ ($0 \leq x \leq 1$) とした半導体レーザ装置に関するものであり、活性層組成の詳細は y を略 0.884 に設定し、所望の波長組成に合わせて上述の式 1～3 を順次解いて x を求めることができる。これは、既にクラッド層について説明した手法と同じ要領で行える。

【0039】室温下でキャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度 $25 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、比抵抗 $0.07 \Omega \cdot \text{cm}$ の電気特性を有する、厚さ 1 mm 、直径 3 インチの p 型 $ZnTe$ ウエハをレーザ結晶成長用の基板 1 として使用した。使用に当たり、次ぎのプロセス前工程を行った。先ず、表面のラッピングを行い、次いで有機洗浄を行った後、ダメージ層をエッチングにより除去した。エッチャントには HCl と HNO_3 の混合液を用い、 25°C 、 5 分間のエッチングにより表面を $10 \mu\text{m}$ 程度除去した。エッ

チング後の基板は、純水洗浄と窒素雰囲気中で乾燥を行った後、即座に基板ホルダに取付け、成長炉内に挿入し、減圧下に保持した。レーザ結晶の成長は、原料に固体の Zn 、 Mg 、 Se 、 Te を用いる MBE 法により行った。先ず基板を 610°C まで加熱し表面酸化層を除去した。酸化層の除去が完全に行われていることを RHEED で確認した後、基板温度を 320°C に下げて、 Zn 分子線を照射し基板表面の結晶性を整えた。

【0040】基板温度を 320°C 一定に保持したまま、
10 50 nm 厚の p 型 $ZnTe$ 層 22 を成長した。その上に $2 \mu\text{m}$ 厚の p 型 $Z_{n-x} \text{Mg}_{x-y} \text{Se}_{y-z} \text{Te}_{z-x}$ クラッド層 ($p = 4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 2 を積層し、次いで厚さ 120 nm の p 型 $Z_{n-x} \text{Mg}_{x-y} \text{Se}_{y-z} \text{Te}_{z-x}$ ガイド層 ($p = 7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 3 を成長した。その上に活性層 4 としてアンドープ CdZnSeTe を厚さ 10 nm 積層した。次ぎに、 n 型光ガイド層 5 として厚さ 120 nm の n 型 $Z_{n-x} \text{Mg}_{x-y} \text{Se}_{y-z} \text{Te}_{z-x}$ ($n = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) と n 型クラッド層 6 として厚さ 800 nm の n 型 $Z_{n-x} \text{Mg}_{x-y} \text{Se}_{y-z} \text{Te}_{z-x}$ ($n = 8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) を順次積層した後、 n 側電極とのコンタクト層 7 として $Z_{n-x} \text{Mg}_{x-y} \text{Se}_{y-z} \text{Te}_{z-x}$ ($0.2 \leq x \leq 0.3, 0.4 \leq y \leq 1$) からなる傾斜組成層を形成した（図 3 参照）。コンタクト層の平均キャリア濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であった。

【0041】以上の工程を終えた段階での素子の縦方向（成長方向）の格子定数は、実施例 1 と同様に図 5 のグラフに示され、格子定数は n 型のクラッド層 6 とコンタクト層 7 との界面を境に減少している（図中の矢印で表示）。

【0042】成長終了後、温度を 30°C 一定に保持し B_r とエタノールとの混合エッチャントを用いてエッチングを行い、ストライプ幅 $8 \mu\text{m}$ の埋込用構造を形成した。その後エピワエハを MOCVD 成長炉に導入し、基板温度 370°C において p 型 $ZnTe$ 電流狭窄層 8 の埋込再生長を行った。再成長後、混合エッチャントでエピ表面をエッチング後、 p 基板側電極 9 に $\text{Ni}/\text{Ti}/\text{Au}$ 、 n 側電極 10 に $\text{In}/\text{Ti}/\text{Au}$ を蒸着した。

【0043】以上の工程により、共振器長 $600 \mu\text{m}$ 、幅 $850 \mu\text{m}$ のレーザチップは概ね出来上がった。さらに、共振器端面を $\text{TaO}_x/\text{SiO}_2$ 多層膜によりコーティングし、端面反射率を 95% に調整して半導体レーザ装置を仕上げた。このようにして作製された素子は、室温での電流閾値 580 A/cm^2 、発振波長 588 nm 、また 50°C 加速試験における動作寿命は 3600 時間の性能を示した。

【0044】一方、電流狭窄層に、絶縁性ポリイミド樹脂、または SiO_2 を使用した場合の室温での電流閾値は 2.4 kA/cm^2 、 1.7 kA/cm^2 と高い値であることから、埋込層に p 型 $ZnTe$ を使用したことにより表面暗電流が抑えられ、低閾レーザ動作が達成出来たこと

が確認出来た。

【0045】<実施例3>本実施例を図4及び図6を参照して説明する。本実施例は、活性層組成を $Zn_xMg_{1-x}Se_{0.5}Te_{1-x}$ ($0 \leq x \leq 1$)とした半導体レーザ装置に関するものであり、活性層組成の詳細はyを略0.5に設定し、所望の波長組成に合わせて上述の式1~3を順次解いてxを求めることができる。これも実施例2同様、既にクラッド層について説明した手法と同じ要領で行える。

【0046】室温下でキャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度 $25 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、比抵抗 $0.07 \Omega \cdot \text{cm}$ の電気特性を有する、厚さ1mm、直径3インチのp型ZnTeウエハをレーザ結晶成長用の基板1として使用した。使用に当たり、次ぎのプロセス前工程を行った。先ず、表面のラッピングを行い、次いで有機洗浄を行った後、ダメージ層をエッチングにより除去した。エッチャントにはHClとHNO₃の混合液を用い、25°C、5分間のエッチングにより表面を $10 \mu\text{m}$ 程度除去した。エッチャント後の基板は、純水洗浄と窒素雰囲気中で乾燥を行った後、即座に基板ホルダに取付け、成長炉内に挿入し、減圧下に保持した。レーザ結晶の成長は、原料に固体のZn、Mg、Se、Teを用いるMBE法により行った。先ず基板を610°Cまで加熱し表面酸化層を除去した。酸化層の除去が完全に行われていることをRHEEDで確認した後、基板温度を320°Cに下げて、Zn分子線を照射し基板表面の結晶性を整えた。

【0047】基板温度を320°C一定に保持したまま、50nm厚のp型ZnTe層22を成長した。その上に2μm厚のp型Zn_xMg_{1-x}Se_{0.5}Te_{0.5}クラッド層($p = 4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)2を積層し、次いで厚さ120nmのp型Zn_xMg_{1-x}Se_{0.5}Te_{0.5}ガイド層($p = 7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)3を成長した。その上に活性層4としてアンドープZn_xMg_{1-x}Se_{0.5}Te_{0.5}を厚さ10nm積層した。次ぎに、n型光ガイド層5として厚さ120nmのn型Zn_xMg_{1-x}Se_{0.5}Te_{0.5}($n = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)とn型クラッド層6として厚さ800nmのn型Zn_xMg_{1-x}Se_{0.5}Te_{0.5}($n = 8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)を順次積層した後、n側電極とのコンタクト層7としてZn_xMg_{1-x}Se_{0.5}Te_{0.5}($0.2 \leq x \leq 0.3, 0.4 \leq y \leq 1$)からなる傾斜組成層を形成した(図4参照)。コンタクト層の平均キャリア濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であった。

【0048】以上の工程を終えた段階での素子の縦方向(成長方向)の格子定数は、実施例1と同様に図5のグラフに示され、格子定数はn型のクラッド層6とコンタクト層7との界面を境に減少している(図中の矢印で表示)。

【0049】成長終了後、温度を30°C一定に保持しBr₂とエタノールとの混合エッチャントを用いてエッチングを行い、ストライプ幅8μmの埋込用構造を形成し

た。その後エピウエハをMOCVD成長炉に導入し、基板温度370°Cにおいてp型ZnTeの電流狭窄層8の埋込再成長を行った。

【0050】再成長後、混合エッチャントでエピ表面をエッチング後、p基板側電極9にNi/Ti/Au、n側電極10にIn/Ti/Auを蒸着した。共振器長600μm、幅850μmのレーザチップを作製した。共振器端面をTaO_x/SiO_x多層膜によりコーティングし、端面反射率を95%に調整した。

【0051】このようにして作製された素子は、室温での電流閾値 1.2 kA/cm^2 、発振波長519nm、また50°C加速試験における動作寿命は1800時間の性能を示した。また活性層としてアンドープZn_xMg_{1-x}Se_{0.5}Te_{0.5}を用いた場合には、電流閾値 1.1 kA/cm^2 、発振波長458nm、また50°C加速試験における動作寿命は1900時間の性能を示した。

【0052】一方、電流狭窄層に、絶縁性ポリイミド樹脂、またはSiO_x等の絶縁性材料を使用した場合の室温での電流閾値はそれぞれ 2.7 kA/cm^2 、 1.9 kA/cm^2 と高い値であることから、埋込層にp型ZnTeを使用したことにより表面暗電流が抑えられ、低閾値動作が達成出来たことが確認出来た。

【0053】<実施例4>本実施例を、図7を参照して説明する。

【0054】図7は、本発明の半導体レーザ装置を画像表示装置の光源として用いた一例を示すものである。

【0055】サイズ $20 \times 10 \text{ mm}^2$ の2次元スイッチアレイ11、発振波長が異なる3つの高周波重複半導体レーザ装置12~14、受像同期信号制御回路15、ビーム形状制御装置16、光分波結合装置19を基本構成とする手のひらサイズ($6 \times 8 \times 4 \text{ cm}^3$)の小型2次元スイッチアレイを用いたフルカラーレーザ光画像発生装置23を試作した。この画像発生装置には、図示せざるも発振波長が460nmの半導体レーザ装置12、520nmの半導体レーザ装置13及び630nmの半導体レーザ装置14が搭載され、個々の半導体レーザ装置に対応してビーム形状制御装置16が設けられ、各々から送られる光は光路調整装置18にて合流し、概ね白色の光を形成する。

【0056】2次元スイッチアレイ11はSiウエハにマイクロマシン技術を用いて構成された100万画素の $1.6 \times 8 \mu\text{m}^2$ サイズの単位スイッチからなる。受像同期信号制御回路15は、赤色(630nm)情報、緑色(520nm)情報、青色(460nm)情報を夫々の2次元スイッチアレイ11に送信する。光分波結合装置19は、図示せざるも2次元に配列された画素を有する受光面を備える。3色のレーザ光は、ビーム形状制御装置16でビーム系を拡げられた後、白色光として光分波結合装置19の受光面に入射する。ところで、この受光面には画素毎に2次元スイッチアレイ11のスイッチか

らの信号線が接続され、画素毎の屈折率を制御している。この屈折率により、白色光として入射するレーザ光を選択的な波長で反射させ、光学系 24 に放射する。換言すれば、選択されない波長は受光面を通過し、光学系 24 に入射しない。

【0057】このようにフルカラーレーザ光画像発生装置 23 から発生した画像情報を、 $10 \times 5\text{m}^2$ のサイズのスクリーン 17 上に、投影レンズにより構成される光学系 24 を通してレーザ光 20 を投影することにより超高精細大型映像が得られた。

【0058】この光画像発生装置 23 は、パソコンと組み合わせて、コンピュータ・ディスプレイ装置の画面情報を OHP 用スクリーンに投影するプロジェクタにも利用できる。

【0059】<実施例 5>本実施例を、図 8 及び図 9 を用いて説明する。

【0060】図 8 は、有機材料の一つである、ポリメチルメタアクリレート (PMMA) で形成された光ファイバの伝送損失特性を示す図である。ポリメチルメタアクリレートを主材料とするグレーディッドインデックス型プラスティック光ファイバ (G I - POF) の最小伝送損失波長は 600 nm 以下 (特に 560 ~ 575 nm) にある。この光ファイバを用いて光伝送システムを構成する試みは、以前から研究されていたが、600 nm 以下の波長で発振する半導体レーザ素子が無く、伝送損失波長が比較的低い 650 nm 付近の波長でレーザ発振する InAlGaP 系の活性層を有する半導体レーザ素子を光源として用いていた。しかし、伝送損失の影響により実用的な送信距離はせいぜい 2 km に留まり、これ以上の距離を伝送させるとすると信号強度の低下から S/N 比が低下し、伝達情報の信頼性が著しく低下していた。このため、3 km 以上の距離を光伝送するには伝送線路上に中継器を設け、ここで一旦電気信号に変換した後再度光信号に変換して信号を伝達せざるを得なかつた。

【0061】これに対し、既に実施例 1 で説明したように、本発明が実現する発振波長が 560 ~ 575 nm の半導体レーザ装置を上述の光伝送システムの光源に用いれば、従来 0.3 ~ 1.0 dB/m 程度であった伝送損失を 0.05 dB/m まで約 1 枝低減することが出来る。この時の伝送帯域を見積もると 2 GHz · km と求まり、従来の約 400 倍に達することが示された。

【0062】このことを具体的に述べると、従来のポリメチルメタアクリレートで光ファイバ (以下、POF) を用いた光伝送システムにおいて、3 km 以上の距離の光伝送に不可欠であった中継器の存在が、5 km 以上の伝送距離においても不要となることである。従って、本発明の半導体レーザ装置と POF とを組み合わせて得られた知見により、新たな光伝送システムを提案できる。この光伝送システムは、市街地を網羅する LAN (Loca-

l Area Network) において、基地局と中継局もしくは受信局との間、又は中継局と中継局もしくは受信局との間を結ぶいずれかの伝送線の少なくとも一線が 3 km 以上、望ましくは 5 km 以上且つ 10 km 以下の長さの有機材料からなる光ファイバで接続され、当該光ファイバ内を 600 nm 以下の波長の光信号を伝搬させることを特徴とするものである。

【0063】図 9 にその一例を示す。この図に示す光伝送システムは、従来の SiO₂ 又はこれに B₂O₃ や GeO₂ 混合して形成した光ファイバ 60 を用いた所謂幹線系の光伝送システムと上述の POF 53 を用いた加入者系の光伝送システムとを組み合わせたものである。

【0064】加入者系の光伝送システムは、中継局の信号送受信端子と加入者 A (一般家庭) 61 や加入者 B (オフィス・ビルディング) 64 の信号送受信端末 55 とを POF の加入者系光伝送線 54 を介して接続して構成される。各加入者は、加入者系光伝送線 54 からの光信号を信号送受信端末 55 の受光素子 52 で電気信号に変換し、この信号に載せられる情報をテレビ (例えば、文字放送チャンネル) 62 やファクシミリ (例えば、電話機能付) 63、コンピュータ端末 65 で受け取る。受光素子は、実施例 1 の半導体レーザ素子から電流狭窄層 8 を除いただけの積層構造を有するフォトダイオードを用いる。加入者が基地局への情報の要求や他の加入者への情報発信をファクシミリ 63 やコンピュータ 65 のキーボードから行うと、夫々の機器から発信された電気信号は信号送受信端末 55 の半導体レーザ装置 51 で光信号に変換され、加入者系光伝送線 54、場合によっては中継局をも介し、基地局や他の加入者の信号送受信端末 55 へと情報が送られる。加入者の信号送受信端末 55 の半導体レーザ装置 51 は実施例 1 で述べた仕様のものを用いる。図 9 には、加入者系光伝送線 54 に加入者 A B しか加入していないが、実際は 1 千世帯以上 (普及すれば、更に 1 ~ 2 枝上昇) が加入している。

【0065】上述のように、POF に限らず光ファイバを介した情報通信においては信号伝送媒体となる光のファイバ内における損失が問題となる。従って、加入者なり基地局からの信号を伝送する過程で中継局を通して一旦信号を電気に変換し、増幅器 58 で信号の S/N を高めるように電気信号を増幅し、再度光に変換してファイバに流す。このような手法は従来から行われていたが、本発明の半導体レーザ装置 51 及びこれに準じた構造の受光素子 52 と POF 伝送線 53 を用い、600 nm 以下の波長の光を信号伝送媒体としてすることで、次のような光伝送システムを構築できる。

【0066】図 9 が示すように、本発明が新たに可能とする光伝送システムにおいては、基地局 57、中継局 56、加入者 61、64 が全て本発明の半導体レーザ装置 51 が発振する 600 nm 以下の波長の光を媒体とした情報ネットワークが形成されている。図 8 から明らかな

ように従来の650 nm付近の波長の光を媒体とした場合に比べ、460～535 nmや560～575 nmの波長の光を媒体とした場合P OF 53における光の伝送損失は0.1 dB/mと低くなり、同じ強度の光を一桁近く遠い距離まで伝送できる。このため、従来ビルディング内や工場内のLAN（狭域内光通信）にしか実用の利点なしとされたP OFによる光通信ネットワークが、政令指定都市レベルの広さまで拡張できる検討結果を得た。即ち、P OF伝送線53に約570 nmの波長の光を伝送する場合、最大10 km迄增幅なしで情報を高いS/Nで送れるため、中継局を今までになく離間して設置できるのである。ここで注意すべきは、この光伝送システムの光源は上述の本発明のII-VI族化合物半導体レーザ装置に限定されず、560～575 nmの波長の光を発振できるならばIII-V族化合物半導体レーザ装置を用いてもよい点である。しかし、本発明者が調査した限りでは現段階でII-VI族化合物半導体レーザ装置以外に実用の見込みのある光源を見出していない。

【0067】例えば横浜市の場合、基地局を新横浜駅前に、ここからP OF伝送線を南は金沢区富岡、北は緑区長津田まで区毎に1ヶ所ずつ設けられた中継局に結ぶだけで市内を完全に網羅する光通信ネットワークが完成できる。各区において、一中継局から加入者系光伝送線54を区内全域に敷設できるのもP OF伝送線53による波長約570 nmの光伝送の利点であり、P OFや発光・受光素子の安価さに加え、中継局数が少ない分、光伝送システム構築の初期投資が軽減できるため、地域住民が加入しやすい光通信ネットワークが提供できることも期待される。

【0068】図9では、基地局に光一電気変換装置59を介して幹線系と加入者系の信号の授受を行う機能を示して有るが、このような構成により、A市内のLANとB市内のLANとを幹線系の伝送線を介して接続できる。

【0069】このように、本発明の半導体レーザ装置の性能は、P OFを用いた安価で高性能な新たな光通信システムの構築を可能にする。いうまでもなく、本発明による600 nm以下の発振波長の光源の実現はP OFを用いた光伝送システムのみならず、有機材料で形成された高分子材料の光学纖維で、その最小伝送損失波長（又は伝送損失が0.1 dB/m以下となる波長）が600 nm以下であるがために、今まで光伝送システムへの応用が見合わされていた材料の活用をも可能にする。

【0070】この他にも、例えば光ファイバジャイロに対してポリメチルメタアクリレート(PMMA)の光ファイバと本発明が実現する発振波長560～575 nmの光源とを組み合わせれば、性能/価格比の大幅な改善

が見られるなど、本発明による半導体レーザとP OFとで構成されるシステムは幅広い分野への応用が考えられる。

【0071】

【発明の効果】本発明により、安価で高品質なZnTe単結晶基板上に、ZnCdMgSeTeを主材料し、p型ZnTeを埋込再成長層に用いたII-VI族半導体レーザ構造を作製することにより、紫色から橙色の波長域でレーザ発振可能な、製品レベルの高い水準にある高性能の半導体レーザを提供できる。

【0072】また本発明を用いて提供できる可視域半導体レーザを光源に用いると、小型超高精細画像発生装置、従来になく高密度な記録容量を持つ光ディスク装置、或いはプラスティックファイバと組み合わせて用いると、LAN（狭域内光通信）、ボード間光インタコネクト、加入者系、光ファイバジャイロなどの身近で低価格高性能なシステムを提供出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】禁制帯エネルギーと格子定数の関係を表す図。
【図2】半導体レーザのバンド構造を表わす概略図。縦軸はエネルギー、横軸は基板からのレーザ構造縦方向深さを示す。

【図3】半導体レーザのバンド構造を表わす概略図。縦軸はエネルギー、横軸は基板からのレーザ構造縦方向深さを示す。

【図4】半導体レーザのバンド構造を表わす概略図。縦軸はエネルギー、横軸は基板からのレーザ構造縦方向深さを示す。

【図5】半導体レーザ構造縦方向の格子定数を表わす図。縦軸は格子定数、横軸は基板からのレーザ構造縦方向深さを示す。

【図6】半導体レーザ構造と材料組成を表わす素子断面構造図

【図7】画像表示装置の概略を表わす図。

【図8】プラスティックファイバの伝送損失特性を表す図。

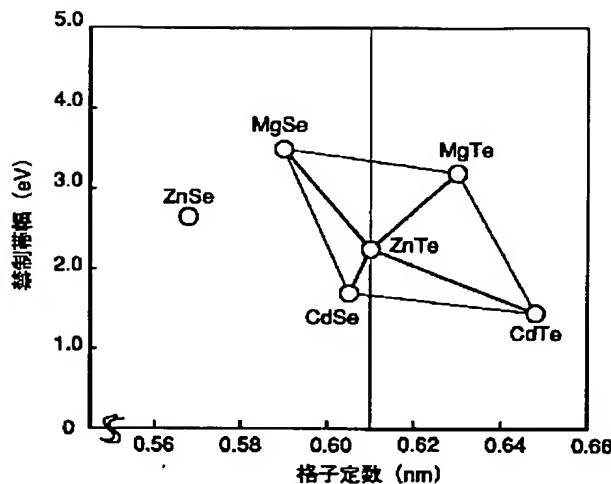
【図9】本発明の半導体レーザ装置とP OFを組み合せた光伝送システムを模式的に表す図。

【符号の説明】

1…基板、2…p型クラッド層、3…p型光ガイド層、4…活性層、5…n型光ガイド層、6…n型クラッド層、7…コンタクト層、8…埋込層、9…p側電極、10…n側電極、11…2次元スイッチアレイ、12、13、14…半導体レーザ、15…同期信号制御回路、16…ビーム形状制御装置、17…スクリーン、18…光路調整装置、19…光分波結合装置、20…レーザ光。

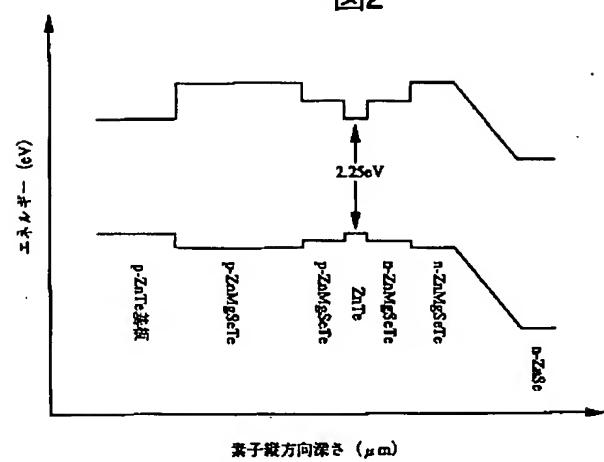
【図 1】

図 1



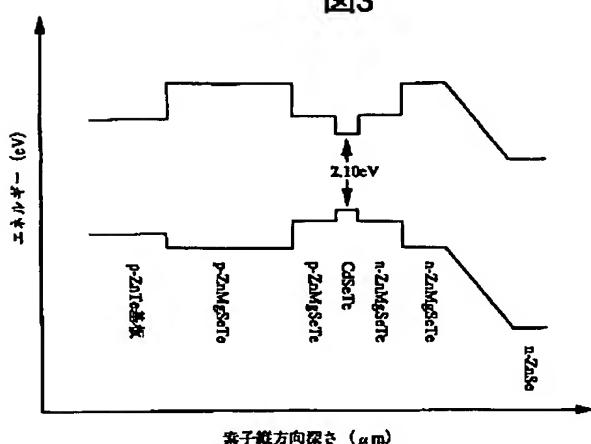
【図 2】

図2



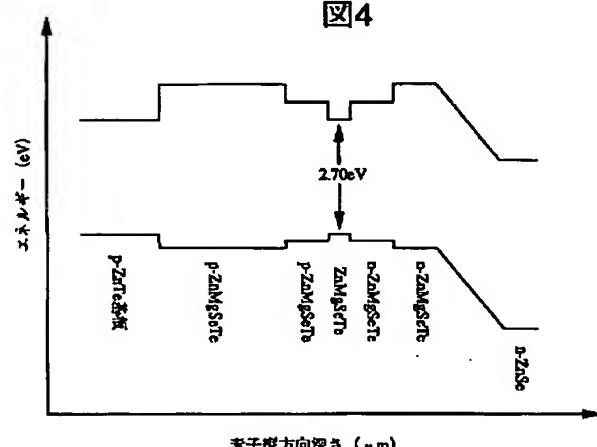
【図 3】

図3



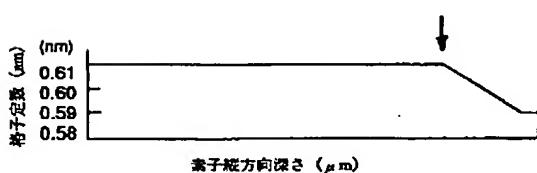
【図 4】

図4



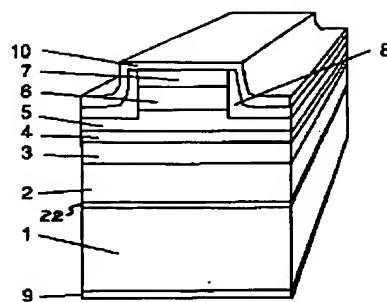
【図 5】

図5



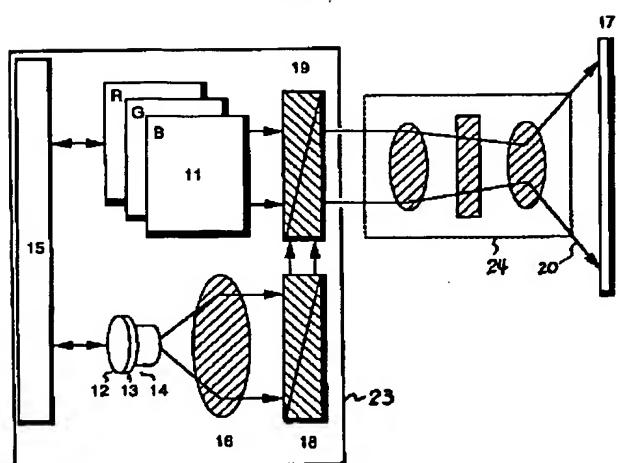
【図 6】

図6



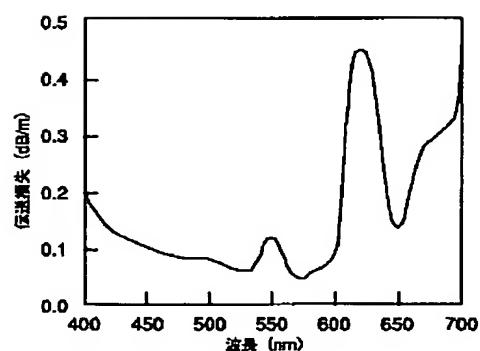
【図 7】

図7



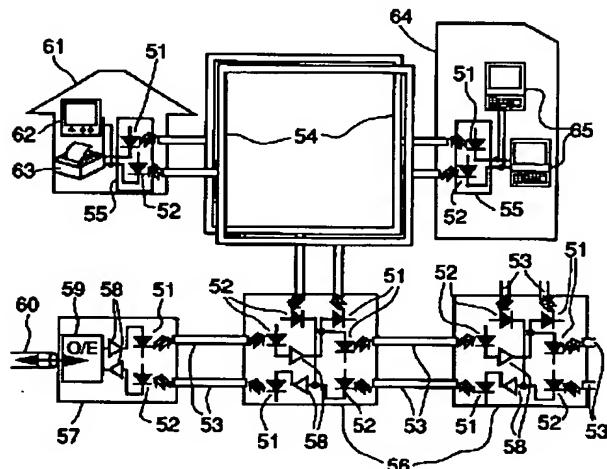
【図 8】

図8



【図 9】

図9



JAPANESE

[JP,10-027946,A]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION TECHNICAL PROBLEM
MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Semiconductor laser equipment characterized by including a cladding layer which has a presentation of $ZnxMg1-xSey(1-x)Te1-y(1-x)$ ($0 \leq x < 1$) formed so that a grid match condition might be substantially fulfilled with this substrate in the p conduction type ZnTe single crystal substrate upper part.

[Claim 2] y of a presentation of the above-mentioned cladding layer is semiconductor laser equipment according to claim 1 characterized by being abbreviation 0.5.

[Claim 3] They are claim 1 term which a barrier layer formed so that it might be inserted into the above-mentioned cladding layer consists of a presentation of $ZnxCd1-xSey(1-x)Te1-y(1-x)$ ($0 \leq x \leq 1$), and is characterized by y being abbreviation 0.884, or semiconductor laser equipment according to claim 2.

[Claim 4] Forbidden-band width of face of this barrier layer [in / a barrier layer formed so that it might be inserted into the above-mentioned cladding layer has a presentation of $ZnxMg1-xSey(1-x)Te1-y(1-x)$ ($0 \leq x \leq 1$), and / a room temperature] is semiconductor laser equipment given in claim 1 and the 2nd term which are characterized by being smaller than forbidden-band width of face of the above-mentioned cladding layer at least 0.3eV or more.

[Claim 5] Semiconductor laser equipment according to claim 1 to 4 characterized by using p mold ZnTe for an embedded material of a current narrow segment.

[Claim 6] An image display device characterized by having claim 1 thru/or semiconductor laser equipment of 4 as the light source.

[Claim 7] The above-mentioned semiconductor laser equipment is an image display device according to claim 6 characterized by having resonator structure of a gain guided wave mold or a RF superposition mold.

[Claim 8] It is the lightwave transmission system which consists of the transmission line which consists a signal transmitting means transmit a lightwave signal according to this light source, including the light source with an oscillation wavelength of 600nm or less, a signal receiving means receive a lightwave signal from this signal transmitting means, and this signal oscillation means and this signal receiving means of a plastic fiber which transmits an epilogue this lightwave signal, and is characterized by for at least 1 of the above-mentioned transmission line to have a length of 3km or more.

[Claim 9] Transmission loss of the above-mentioned transmission line in oscillation wavelength of the above-mentioned semiconductor laser is a lightwave transmission system characterized by being 0.1 or less dB/m including a lightwave signal dispatch means to send a lightwave signal by semiconductor laser, and the transmission line which consists of an organic material which transmits this lightwave signal.

[Translation done.]

JAPANESE

[JP,10-027946,A]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION TECHNICAL PROBLEM
MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention is concerned with the equipment adapting a semiconductor light corpuscle child and it, and is concerned with semiconductor laser useful to the optical transmission system which makes an optical recording regenerative apparatus, an image generator, an optical-information-processing terminal unit, or a plastic fiber a signal-transmission way especially. It will be concerned with the semiconductor laser and light emitting diode using an II-VI group compound material which have oscillation wavelength in an ultraviolet wavelength region since visible, and equipments, such as an image display device which used semiconductor laser for the light source, if it states in more detail.

[0002]

[Description of the Prior Art] Now, the semiconductor laser which operates by the wavelength range 600nm or less is not put in practical use by any methods other than the so-called SHG method which generates the high order harmonics of light using a nonlinear optical crystal. Recently, research of the II-VI group compound semiconductor laser which uses GaAs for a substrate and consists of ZnCdSe as ZnMgSSe and a barrier layer as a cladding layer on it is done. Here, the semiconductor material which consists of an element (the so-called II group element) which an II-VI group compound semiconductor shows oxidation states of +2, such as alkaline earth metal (for example, Mg) and a zinc group (for example, Zn, Cd), and an element (the so-called VI group element) in which oxidation states of -2, such as chalcogen (for example, S, Se, Te), are shown is defined. However, since rapid performance degradation happens at the time of laser actuation, the life of bluish green color semiconductor laser which uses a ZnMgSSe system semiconductor for a barrier layer, and is realized stops in several hours, and has come to acquire the life of 10,000 hours or more which is a product level.

[0003] On the other hand, the p mold ZnTe is used for a substrate and two light emitting devices which carry out the laminating of the above-mentioned II-VI group semiconductor, and change on it are known. The first example (refer to JP,57-26491,A) is related with the light emitting device from which the second example (refer to JP,04-133478,A) is constituted by the presentation of Mg_{1-x}ZnxTe ($0 < x < 1$) on a p mold ZnTe substrate about the light emitting device constituted by Zn_{1-x}CdxSeyTe_{1-y} ($0 < x < 1$) on a p mold ZnTe substrate.

[0004] the barrier layer to which the first example consists of n-Zn_{1-x}CdxSeyTe_{1-y} on a p-ZnTe substrate -- further -- the barrier layer top concerned -- n+-Zn_{1-x'}Cdx'Sey'Te_{1-y} -- ' -- it is carrying out lattice matching, respectively and carrying out a laminating, and the light source with a luminescence wavelength of 650nm is realized. However, in this example, the luminescence wavelength of the light source realizable since the band offset between a barrier layer and a cladding layer cannot fully be taken was restricted to the near infrared region near 700nm, and had the serious defect of not functioning as a light emitting device of a visible region.

[0005] On the other hand, the second example carries out the laminating of the cladding layer which consists of p-Mg0.5Zn0.5Te on a p-ZnTe substrate, the barrier layer which consists of Mg_xZn_{1-x}Te ($x < 0.5$) of undoping, and the cladding layer which consists of n-Mg0.5Zn0.5Te to this order, and luminescence wavelength realizes a semiconductor light emitting device (490nm ($x = 0.25$) or 540nm ($x = 0.1$)). Here, the energy band gap Eg (unit: eV) of a barrier layer and the relation of the luminescence wavelength lambda (unit: nm) are expressed with a degree type.

[0006]

[Equation 1] $Eg=1.24/\lambda$ It had the serious defect said that production of the light emitting device which crystal quality becomes inferior since it cannot be satisfied with -- (formula 1), however the 2nd example of the grid match condition of a substrate and a crystal, therefore can be equal to practical use is impossible. That is, since many crystal defects existed in a barrier layer, even if there was much loss of the carrier (an electron, electron hole) which should be essentially contributed to luminescence and it emitted light, in connection with the temperature rise of the crystal accompanying this, the grid mismatch between a barrier layer and a cladding layer was puffed up, and it had the problem that much more crystal defects increased within a barrier layer. Therefore, even if it constituted light emitting diode based on this example, the life was short, and even if it constituted semiconductor laser further, the numerosness of the crystal defects which exist in a barrier layer or a cladding layer to laser

oscillation was almost impossible.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order to offer the II-VI group compound semiconductor laser which has the engine performance of practical use level, the technical problem described below needs to be solved.

[0008] First, with the ZnMgSSe system laser element using a GaAs substrate, it is unavoidable that the concentration of a crystal defect becomes remarkably high in near an interface with a substrate in response to the effect of the thermal strain generated near the substrate interface, the inconsistency of a valence electron number, and the hole in three layers of Ga₂Se formed near the interface (technical technical problem 1). It -- in addition, since it is difficult to make electron hole concentration in the p mold ZnMgSSe high to three or more [1017cm⁻³], control of the temperature rise in the element which cannot lower the electric resistance of an element but happens at the time of current impregnation is difficult (technical technical problem 2). Moreover, since it is necessary to use ZnCdSe with a lattice constant bigger 1% or more than a substrate for a barrier layer, the big compressive strain has started between the barrier layer, the lightguide layer, or the cladding layer (technical technical problem 3). Therefore, at the time of current impregnation, a rearrangement increases by making into a source the stacking fault generated at the time of the misfit rearrangement generated with disconnection of the thermal stress near the interface, or growth, the growth is accelerated with the temperature rise of an element, and it comes to penetrate a barrier layer (growth of a penetration rearrangement). By making this into a trigger, an atomic rearrangement is caused so that the stress by the big compressive strain in a barrier layer may be made to ease, and making a laser element result in destruction is clarified by the experiment. So, in the present condition, the life at the time of the room temperature continuous action whose life of ZnMgSSe system bluish green color semiconductor laser is a product level has come to reach in 10,000 hours or more.

[0009] The II-VI group semiconductor laser which used the good ZnSe bulk single crystal for the substrate on the other hand in recent years is reported (ELECTRONICS LETTERS and Vol.31 No.16 (August 3, 1995 publication) pages 1341-1342). This reference prepares the barrier layer which consists of ZnCdSe in the n-ZnSe substrate upper part, it forms the lightguide layer which consists of ZnSe so that the upper and lower sides of the barrier layer concerned may be inserted, and it teaches that an open example and its oscillation wavelength are set to 485 thru/or 517nm in the semiconductor laser which forms a ZnMgSSe cladding layer and becomes so that the upper and lower sides of a lightguide layer may be inserted further. In this semiconductor laser, while forming a cladding layer by ZnMgSSe in consideration of lattice matching with a ZnSe substrate or a ZnSe lightguide layer, it forms as a quantum well layer (pseudomorphically-strained quantum well) which consists of ZnCdSe which does not carry out lattice matching of the barrier layer to a ZnSe lightguide layer.

[0010] However, also in the semiconductor laser which this reference indicates, the consideration to the problem resulting from the grid mismatch of the substrate and barrier layer which were looked at by the 2nd above-mentioned conventional example was inadequate. That is, in the ZnMgSSe cladding layer which considered and adopted lattice matching with the substrate or layer which consists of ZnSe, S which is one of the configuration elements escaped from the cladding layer by the height reason of the vapor pressure, and the temperature rise which can be set working [the manufacturing process of an element, or an element], and the new phenomenon in which the stoichiometric composition of the cladding layer concerned collapsed by this (an unnatural hole is generated to the site containing VI group element) was found out. As a result of this phenomenon's arising, the lattice matching between a ZnSe substrate or a ZnSe lightguide layer, and a ZnMgSSe cladding layer is spoiled, and each layer applies the stress which makes the mutual crystal structure distorted, and it suits it. It rises as the desorption of S from a ZnMgSSe layer progresses, and in each class, growth of the rearrangement (crystal defect) which made this energy driving force advances, and the strain energy produced between such layers degrades an element.

[0011] As mentioned above, the ZnCdSe barrier layer has inhibited generating of the rearrangement in a layer by adjusting the difference and thickness (60-200Å) of a lattice constant with a lightguide layer, although originally joined on condition that the grid mismatch to the ZnSe lightguide layer. However, unexpected compressive stress is applied to a barrier layer by the crystal structure of a ZnSe lightguide layer being distorted by impudence of a grid mismatch with the ZnMgSSe layer accompanying the desorption of S, and the element engine performance deteriorates quickly (above-mentioned technical technical problem 3).

[0012] Furthermore, since it reaches to an extreme of difficulty upwards and fertilization technology is not established, either, production of the ZnSe single crystal of quality sufficient as a substrate for laser elements has the big defect that acquisition of a cheap and good crystal is impossible (technical technical problem 4).

[0013] Current utilization also of the II-VI group compound semiconductor laser which used the ZnSe single crystal for the substrate from these reasons has come to be carried out.

[0014] This invention solves the above technical technical problem, and aims at enabling offer of the II-VI group semiconductor laser oscillated in a 700nm [400 to] which has the engine performance of practical use level visible wavelength region, especially the 600nm wavelength field in which utilization was made difficult.

[0015]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, in this invention, p-ZnTe of cubic ***** structure is used for a substrate material, and ZnMgSeTe is used for a cladding layer, respectively, and it chooses so that parenchyma top

lattice matching of the ZnMgSeTe presentation of a cladding layer may be carried out to a ZnTe substrate, and II-VI group semiconductor laser is formed. The advantage is as follows.

[0016] 1. If the p mold ZnTe which is the same II-VI group compound semiconductor as a material which forms resonator structure for oscillating a laser beam is used for a substrate, compared with a case where a GaAs substrate is used, generating of a thermal strain in a substrate interface can be controlled. Moreover, since the adjustment of a valence electron number can be taken upwards and three layers of Ga₂Se are not formed, generating of defects, such as a stacking fault generated in a substrate interface and a rearrangement, can be controlled (improvement of the technical technical problem 1).

[0017] 2. Since sulfur (S) can be removed from a configuration element by constituting a cladding layer from ZnMgSeTe, stability on parenchyma of stoichiometric composition of a cladding layer (namely, crystal quality which does not cause trouble to laser oscillation) is securable. Moreover, series resistance of the p side clad is remarkably improvable by joining a ZnMgSeTe cladding layer of p conduction type, and a ZnTe substrate (or buffer layer) of p conduction type. That is, since the energy difference of a valence band between a substrate and a clad is as small as 0.3eV, since a resistance component at the time of a hole injection is made to two or less 10-3ohmcm, generating of heat can be controlled, and the temperature characteristic of an element can be improved notably (improvement of the technical technical problem 2).

[0018] 3. By adopting a p-ZnTe substrate and a ZnMgSeTe cladding layer, element structure is producible so that a grid match condition may be fulfilled, until it results in a cladding layer of the barrier layer upper part from a substrate. Thereby, generating of stress by distortion near the barrier layer can be controlled completely (improvement of the technical technical problem 3).

[0019] 4. Compared with ZnSe, production of a good crystal is easy for a ZnTe single crystal, and acquisition of a single crystal to a good top with mass-production nature cheaper than GaAs is possible for it. Therefore, since a technical problem of the conventional technology is conquerable entirely if this invention is used, II-VI group compound semiconductor laser of a low price which has engine performance of a product level is producible (improvement of the technical technical problem 4).

[0020] Next, a basis which uses p-ZnTe for a substrate material, uses ZnxMg1-xSey(1-x) Te1-y (1-x) (0<=x<1) for a cladding layer, respectively, and forms II-VI group compound semiconductor laser is explained with reference to drawing 1 . A rough value of a lattice constant and relation of forbidden-band width of face to a room temperature (25 degrees C) of a crystal of an II-VI group system compound semiconductor which this invention person computed are plotted by drawing 1 . Reasons which showed data of a lattice constant as a rough value here are [that a lattice constant of a crystal changes delicately with the environmental temperature strictly, and] sufficient precision for a production indicator of semiconductor laser equipment of this invention. lattice constant (rough value)-forbidden-band width of face for every compound -- it is [in ZnTe / in 6.10nm - 2.26 eV and MgTe / in 6.30nm - 3.2 eV and MgSe / in 5.90nm - 3.5 eV and CdTe] 5.67nm - 2.67 eV in 6.05nm - 1.7 eV and ZnSe at 6.48nm - 1.44 eV and CdSe.

[0021] When replacing with Mg some II group elements [at least] Zn which constitute a semiconductor layer which becomes ZnTe so that clearly from drawing 1 , a lattice constant of the semiconductor layer concerned is brought close to it of ZnTe by replacing some VI group elements Te by Se. Moreover, also when replacing Zn by Cd, a lattice constant of the semiconductor layer concerned is brought close to it of ZnTe by replacing some VI group elements Te by Se. On the other hand, forbidden-band width of face of a ZnTe semiconductor layer narrows as it replaces Zn with Mg and it replaces breadth and Zn by Cd. this drawing to a cladding layer -- ZnMgSeTe -- a 4 yuan system -- or -- MgSeTe -- a compound semiconductor of a 3 yuan system -- a barrier layer -- ZnCdSeTe -- a 4 yuan system -- or -- CdSeTe -- probably, it will be clear with constituting 3 yuan from a compound semiconductor of a system that a substantial grid match condition is fulfilled on a ZnTe substrate, and semiconductor laser with high carrier ***** effectiveness to a barrier layer can be realized.

[0022] this invention person explains as follows an advantage which constitutes semiconductor laser equipment combining a parenchyma top lattice matching ZnxMg[this / a p-ZnTe substrate and]1-xSey(1-x) Te1-y (1-x) cladding layer (0<=x<1) based on data shown in drawing 1 . Although it is requested that a cladding layer should have bigger forbidden-band width of face than a barrier layer, it is because according to this invention a cladding layer presentation which has forbidden-band width of face of sufficient magnitude, and carries out lattice matching to a ZnTe substrate can be easily found out even if the value becomes more than ZnTe with the presentation of a barrier layer. Namely, what is necessary is to think that one mol of compounds of a system of 4 yuan consists of ZnTe which are MgSe which is y (1-x) mol, MgTe which is a mol (1 (1-y)-x), and x mols to a ZnxMg1-xSey(1-x) Te1-y (1-x) cladding layer, and just to solve the following simultaneous equations to the forbidden-band width of face EgCL for which it asks to a cladding layer.

[0023]

[Equation 2] 5.90y(1-x)+6.10x+6.30(1-y) (1-x) =6.10 -- (formula 2) [0024]

[Equation 3] 3.5y(1-x)+2.26x+3.2(1-y) (1-x) =EgCL -- (formula 3) A grid match condition [in / in a formula 2 / a room temperature] and a formula 3 are based on the viewpoint of forbidden-band width of face, respectively. this invention person found out that the semiconductor laser equipment which consists of a parenchyma top crystal defect free-lancer's II-VI group compound was realizable by forming a cladding layer by the presentation computed from these formulas.

[0025] Still more desirably, if above-mentioned y is brought close to 0.5, a presentation setup of a cladding layer will become easy.

As for y in the cladding layer presentation from this point, considering as abbreviation 0.5 is desirable. Moreover, when considering as the so-called deformation amount child well structure which does not carry out lattice matching of the barrier layer to a substrate, some lattice constant difference ($a, -0.02 < a < 0.02$) may be given to a substrate so that stress compensation may be performed by the cladding layer joined to this. At this time, the right-hand side of the above-mentioned formula 2 is set to 6.10a.

[0026] now, the optical disk unit and small highly minute image display device which are not in the former and have high-density storage capacity when above-mentioned visible region semiconductor laser is used for the light source -- or if it uses combining a plastic fiber, the system [that LAN (short-range intrinsic-light communication link), light INTAKONEKUTO between boards, a subscriber system, etc. are familiar and low price] for optical communication is realizable.

[0027] As this example, the example using the semiconductor laser in connection with this invention is stated to the light source for image display devices, and the light source for optical communication, respectively. The highly minute projection mold display which used the digital micro reflecting mirror in 1993 is announced about the former (SID93DIGEST, 47.6 Late-News Paper:pp 1012-1015). the costs which the deterioration life is as short as less than 2000 hours (three months), and moreover start exchange although 1kW Xe or a metal halide lamp is used for current and its light source -- 1 time -- the number of ** -- it is as expensive as 10,000 yen. A life of a lamp can be sharply lengthened by using the blue by this invention, green, and red semiconductor laser for the light source. moreover, an equipment configuration is simple -- and low-pricing can also realize that it miniaturizes, therefore the image generating section and a display screen can be separated etc. Moreover, since large few electrification can be achieved, the product which suits the future needs also in consideration of pair environment nature, such as energy saving -- sharp reduction of a maintenance charge is attained -- can be offered. In addition, of course, it can apply to the various light sources for a display, such as the light source for a liquid crystal projection mold display, etc. [0028] Moreover, about the latter, current marketing of the plastic fiber (POF) is carried out, and optical transmission systems, such as LAN (local area network) of a low price, are in a commercial scene, and are beginning to turn. The laser light source of the optimal wavelength (560-575nm) which can take adjustment does not exist in current and the transmission loss spectrum of POF, therefore an orange light emitting device or red laser is substituted. However, since transmission loss becomes remarkably large and it leads to a price hike of a system when these light sources are used, an improvement of the signal-transmission engine performance is desired strongly. Since transmission loss could be reduced sharply and the transmission band was expanded when semiconductor laser with an oscillation wavelength [by this invention] of about 570nm was used for the light source, the extensive improvement of a transmission characteristic was able to be made.

[0029]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of desirable operation of this invention indicated on the following example and its related drawing explains this invention to still more concrete and details.

[0030] <Example 1> this example is explained with reference to drawing 2 and drawing 6. This example is related with the semiconductor laser equipment which set the barrier layer presentation to ZnTe ($x=1.0, y=0$) which is an example of $ZnxCd1-xSey(1-x)Te1-y(1-x)$ ($0 \leq x \leq 1$).

[0031] The p mold ZnTe wafer with 1mm [in thickness] and a diameter of 3 inches which has the electrical property of - with a carrier concentration of $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ and $25 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ [of Hall mobility] $2/\text{Vs}$ and specific resistance $0.07 \text{ ohm}\cdot\text{cm}$ under a room temperature was used as a substrate 1 for laser crystal growth. The following production process before a process was performed in use. First, after wrapping the surface and performing organic washing subsequently, etching removed the damage layer. To etchant, 25 degrees C and etching for 5 minutes removed about 10 micrometers of surfaces using the mixed liquor of HCl and HNO₃. After the substrate after etching dried in pure water washing and nitrogen-gas-atmosphere mind, it was immediately inserted in the substrate holder into anchoring and a growth furnace, and was held under reduced pressure. MBE to which laser crystal growth uses Zn, Mg, solid Se, and solid Te for a raw material -- it carried out by law. The substrate was first heated to 610 degrees C, and the scaling layer was removed. After checking by RHEED that removal of an oxidizing zone is performed completely, substrate temperature was lowered to 320 degrees C, Zn molecular beam was irradiated, and the crystallinity on the surface of a substrate was prepared. The p mold ZnTe layer 22 of 50nm thickness was grown up holding 320 degrees C of substrate temperature uniformly. The laminating of the p mold Zn0.2Mg0.8Se0.4Te0.6 cladding layer (density of p mold carrier: $p=4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 2 of 2-micrometer thickness was carried out on it, and, subsequently the p mold Zn0.6Mg0.4Se0.2Te0.8 guide layer ($p=7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 3 with a thickness of 120nm was grown up. 10nm laminating of the undoping ZnTe in thickness was carried out as a barrier layer 4 on it.

[0032] If it comments here, when formed as a bulk crystal, some Zn will escape from ZnTe and it will be formed during a crystal of an empty site (Zn-vacancy). Although existence of the site of this empty does not spoil the crystallinity of ZnTe on parenchyma, even if this does not pour in a dopant, the bulk crystal of ZnTe shows the conductivity of p mold. On the other hand, the ZnTe film by which epitaxial growth is carried out on a semiconductor substrate or a semiconductor film serves as a crystal which an empty site is not formed on parenchyma, therefore does not have parenchyma top conductivity (it is intrinsic).

[0033] Next As an n mold lightguide layer 5, as n mold Zn0.6Mg0.4Se0.2Te0.8 (density of n mold carrier: $n=5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) with a thickness of 120nm, and an n mold cladding layer 6 After carrying out the laminating of n mold Zn0.2Mg0.8Se0.4Te0.6 ($n=8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) with a thickness of 800nm one by one, The inclination presentation layer which consists of $ZnxMg1-xSeyTe1-y$

($0.2 \leq x \leq 0.3$, $0.4 \leq y \leq 1$) as a contact layer 7 with n lateral electrode was formed (refer to drawing 2). This contact layer 7 is for raising an electric flow with n lateral electrode formed in this upper surface at a next production process, and above-mentioned n mold cladding layer 6, and it is grown up so that that presentation may approach ZnSe gradually. Thus, it is made, as for the contact layer 7 which made the presentation ratio incline in the direction of thickness, and grew up it into it, for a presentation to serve as Abbreviation ZnSe at the topmost part. This is because the becoming semiconductor is suitable to treat as a conductor of n mold ZnSe.

[0034] The lattice constant of the lengthwise direction (the growth direction) of the element in the phase which finished the above production process is shown in drawing 5. The lattice constant is decreasing bordering on the interface of an abbreviation fixed next door, and the cladding layer 6 of n mold and the inclination presentation layer 7 from a p-ZnTe substrate inferior surface of tongue to the cladding layer 6 upper surface of n-ZnMgSeTe (the portion equivalent to an interface is expressed as the arrow head in drawing 5). As for this, the lattice constant of ZnSe is because it is smaller than that of ZnTe so that clearly from drawing 1. The average carrier concentration of a contact layer was $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

[0035] after growth termination and temperature -- 30 degrees C -- fixed -- holding -- the mixed etchant of Br2 and ethanol -- using -- etching -- carrying out -- embedded [with a stripe width of face of 8 micrometers] -- business -- structure was formed. The epiwafer was introduced into the MOCVD growth furnace after that, and the embedded playback length of the p mold ZnTe current constriction layer 8 was performed in the substrate temperature of 370 degrees C. After re-growth, by mixed etchant, nickel/Ti/Au was vapor-deposited to p substrate lateral electrode 9 after etching the EPI surface, and In/Ti/Au was vapor-deposited to the n lateral electrode 10. In the above production process, V group elements, such as I group elements (alkali metals), such as Li, or N, P, As, Sb, were used for the dopant of p mold, and VII group elements (halogen), such as III group elements, such as aluminum and Ga, or Cl, I, were used for the dopant of n mold, respectively.

[0036] According to the above-mentioned production process, the resonator end face was coated by TaO2/SiO2 multilayers after producing a laser chip with 600 micrometers [of cavity length], and a width of face of 850 micrometers, and the end-face reflection factor was adjusted to 95%. Thus, the life [in / in the produced element / current threshold 760 A/cm^2 , the oscillation wavelength of 568nm, and 50 degree-C accelerated test in a room temperature] of operation showed the engine performance of 4800 hours.

[0037] It has checked that the surface dark current was suppressed and they have, on the other hand, attained low threshold laser actuation by having used the p mold ZnTe for the buried layer, respectively since the current thresholds in the room temperature at the time of using insulating polyimide resin or SiO2 for the current constriction layer 8 were 2.0 kA/cm^2 , 1.4 kA/cm^2 , and a high value.

[0038] <Example 2> this example is explained with reference to drawing 3 and drawing 6. About the semiconductor laser equipment with which this example set the barrier layer presentation to $\text{ZnxCd1-xSey(1-x)Te1-y(1-x)}$ ($0 \leq x \leq 1$), the details of a barrier layer presentation can set y as abbreviation 0.884, can solve the above-mentioned formulas 1-3 one by one according to a desired wavelength presentation, and can calculate x. This can be performed in the same way as the technique of having already explained the cladding layer.

[0039] The p mold ZnTe wafer with 1mm [in thickness] and a diameter of 3 inches which has the electrical property of - with a carrier concentration of $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ and 25 cm^{-2} [of Hall mobility] $2/\text{Vs}$ and specific resistance $0.07 \text{ ohm}\cdot\text{cm}$ under a room temperature was used as a substrate 1 for laser crystal growth. The following production process before a process was performed in use. First, after wrapping the surface and performing organic washing subsequently, etching removed the damage layer. To etchant, 25 degrees C and etching for 5 minutes removed about 10 micrometers of surfaces using the mixed liquor of HCl and HNO3. After the substrate after etching dried in pure water washing and nitrogen-gas-atmosphere mind, it was immediately inserted in the substrate holder into anchoring and a growth furnace, and was held under reduced pressure. MBE to which laser crystal growth uses Zn, Mg, solid Se, and solid Te for a raw material -- it carried out by law. The substrate was first heated to 610 degrees C, and the scaling layer was removed. After checking by RHEED that removal of an oxidizing zone is performed completely, substrate temperature was lowered to 320 degrees C, Zn molecular beam was irradiated, and the crystallinity on the surface of a substrate was prepared.

[0040] The p mold ZnTe layer 22 of 50nm thickness was grown up holding 320 degrees C of substrate temperature uniformly. The laminating of the p mold $\text{Zn0.2Mg0.8Se0.4Te0.6}$ cladding layer ($p=4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 2 of 2-micrometer thickness was carried out on it, and, subsequently the p mold $\text{Zn0.6Mg0.4Se0.2Te0.8}$ guide layer ($p=7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 3 with a thickness of 120nm was grown up. 10nm laminating of the undoping CdZnSeTe in thickness was carried out as a barrier layer 4 on it. Next After carrying out the laminating of n mold $\text{Zn0.2Mg0.8Se0.4Te0.6}$ ($n=8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) with a thickness of 800nm to n mold $\text{Zn0.6Mg0.4Se0.2Te0.8}$ ($n=5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) with a thickness of 120nm one by one as an n mold cladding layer 6 as an n mold lightguide layer 5, The inclination presentation layer which consists of ZnxMg1-xSeyTe1-y ($0.2 \leq x \leq 0.3$, $0.4 \leq y \leq 1$) as a contact layer 7 with n lateral electrode was formed (refer to drawing 3). The average carrier concentration of a contact layer was $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

[0041] The lattice constant of the lengthwise direction (the growth direction) of the element in the phase which finished the above production process is shown in the graph of drawing 5 like an example 1, and the lattice constant is decreasing bordering on the interface of the cladding layer 6 of n mold, and the contact layer 7 (it expresses as the arrow head in drawing).

[0042] after growth termination and temperature -- 30 degrees C -- fixed -- holding -- the mixed etchant of Br₂ and ethanol -- using - - etching -- carrying out -- embedded [with a stripe width of face of 8 micrometers] -- business -- structure was formed. The epiwafer was introduced into the MOCVD growth furnace after that, and the embedded playback length of the p mold ZnTe current constriction layer 8 was performed in the substrate temperature of 370 degrees C. After re-growth, by mixed etchant, nickel/Ti/Au was vapor-deposited to p substrate lateral electrode 9 after etching the EPI surface, and In/Ti/Au was vapor-deposited to the n lateral electrode 10.

[0043] According to the above production process, the laser chip with 600 micrometers [of cavity length] and a width of face of 850 micrometers was done in general. Furthermore, the resonator end face was coated by TaO₂/SiO₂ multilayers, the end-face reflection factor was adjusted to 95%, and semiconductor laser equipment was finished. Thus, the life [in / in the produced element / current threshold 580 A/cm², the oscillation wavelength of 588nm, and 50 degree-C accelerated test in a room temperature] of operation showed the engine performance of 3600 hours.

[0044] It has checked that the surface dark current was suppressed and they have, on the other hand, attained low threshold laser actuation by having used the p mold ZnTe for the buried layer since the current thresholds in the room temperature at the time of using insulating polyimide resin or SiO₂ for a current constriction layer were 2.4 kA/cm², 1.7 kA/cm², and a high value.

[0045] <Example 3> this example is explained with reference to drawing 4 and drawing 6. About the semiconductor laser equipment with which this example set the barrier layer presentation to ZnxMg1-xSey(1-x) Te1-y (1-x) (0<=x<=1), the details of a barrier layer presentation can set y as abbreviation 0.5, can solve the above-mentioned formulas 1-3 one by one according to a desired wavelength presentation, and can calculate x. This can also be performed in the way same like an example 2 as the technique of having already explained the cladding layer.

[0046] The p mold ZnTe wafer with 1mm [in thickness] and a diameter of 3 inches which has the electrical property of - with a carrier concentration of 5x10¹⁷cm⁻³ and 25cm [of Hall mobility] 2/Vs and specific resistance 0.07 ohm-cm under a room temperature was used as a substrate 1 for laser crystal growth. The following production process before a process was performed in use. First, after wrapping the surface and performing organic washing subsequently, etching removed the damage layer. To etchant, 25 degrees C and etching for 5 minutes removed about 10 micrometers of surfaces using the mixed liquor of HCl and HNO₃. After the substrate after etching dried in pure water washing and nitrogen-gas-atmosphere mind, it was immediately inserted in the substrate holder into anchoring and a growth furnace, and was held under reduced pressure. MBE to which laser crystal growth uses Zn, Mg, solid Se, and solid Te for a raw material -- it carried out by law. The substrate was first heated to 610 degrees C, and the scaling layer was removed. After checking by RHEED that removal of an oxidizing zone is performed completely, substrate temperature was lowered to 320 degrees C, Zn molecular beam was irradiated, and the crystallinity on the surface of a substrate was prepared.

[0047] The p mold ZnTe layer 22 of 50nm thickness was grown up holding 320 degrees C of substrate temperature uniformly. The laminating of the p mold Zn0.2Mg0.8Se0.4Te0.6 cladding layer (p=4x10¹⁷cm⁻³) 2 of 2-micrometer thickness was carried out on it, and, subsequently the p mold Zn0.6Mg0.4Se0.2Te0.8 guide layer (p=7x10¹⁷cm⁻³) 3 with a thickness of 120nm was grown up. 10nm laminating of undoping Zn0.8Mg0.2Se0.1Te0.9 in thickness was carried out as a barrier layer 4 on it. Next After carrying out the laminating of n mold Zn0.2Mg0.8Se0.4Te0.6 (n=8x10¹⁷cm⁻³) with a thickness of 800nm to n mold Zn0.6Mg0.4Se0.2Te0.8 (n=5x10¹⁷cm⁻³) with a thickness of 120nm one by one as an n mold cladding layer 6 as an n mold lightguide layer 5, The inclination presentation layer which consists of ZnxMg1-xSeyTe1-y (0.2<=x<=0.3, 0.4<=y<=1) as a contact layer 7 with n lateral electrode was formed (refer to drawing 4). The average carrier concentration of a contact layer was 2x10¹⁸cm⁻³.

[0048] The lattice constant of the lengthwise direction (the growth direction) of the element in the phase which finished the above production process is shown in the graph of drawing 5 like an example 1, and the lattice constant is decreasing bordering on the interface of the cladding layer 6 of n mold, and the contact layer 7 (it expresses as the arrow head in drawing).

[0049] after growth termination and temperature -- 30 degrees C -- fixed -- holding -- the mixed etchant of Br₂ and ethanol -- using - - etching -- carrying out -- embedded [with a stripe width of face of 8 micrometers] -- business -- structure was formed. The epiwafer was introduced into the MOCVD growth furnace after that, and embedded ***** of the current constriction layer 8 of the p mold ZnTe was performed in the substrate temperature of 370 degrees C.

[0050] After re-growth, by mixed etchant, nickel/Ti/Au was vapor-deposited to p substrate lateral electrode 9 after etching the EPI surface, and In/Ti/Au was vapor-deposited to the n lateral electrode 10. The laser chip with 600 micrometers [of cavity length] and a width of face of 850 micrometers was produced. The resonator end face was coated by TaO₂/SiO₂ multilayers, and the end-face reflection factor was adjusted to 95%.

[0051] Thus, the life [in / in the produced element / current threshold 1.2 kA/cm², the oscillation wavelength of 519nm, and 50 degree-C accelerated test in a room temperature] of operation showed the engine performance of 1800 hours. Moreover, when undoping Zn0.7Mg0.3Se0.15Te0.85 was used as a barrier layer, current threshold 1.1 kA/cm², the oscillation wavelength of 458nm, and the life of operation in 50-degree-C accelerated test showed the engine performance of 1900 hours.

[0052] It has checked that the surface dark current was suppressed and they have, on the other hand, attained low threshold laser actuation by having used the p mold ZnTe for the buried layer since the current thresholds in the room temperature at the time of

using insulating polyimide resin or the insulating material of SiO₂ grade for a current constriction layer were 2.7 kA/cm² and as high 1.9kA/cm a value as 2, respectively.

[0053] <Example 4> this example is explained with reference to drawing 7 .

[0054] Drawing 7 shows an example which used the semiconductor laser equipment of this invention as the light source of an image display device.

[0055] the palm which considers the RF superposition semiconductor laser equipments 12-14 with which the two-dimensional switch array 11 of 2 differs from oscillation wavelength, and whose number is three, the television synchronizing signal control circuit 15, the shape-of-beam control unit 16, and the optical spectral separation coupler 19 as a basic configuration the size of 20x10mm – the full color laser beam image generator 23 using the small two-dimensional switch array of size (6x8x4cm³) was made as an experiment. The semiconductor laser equipment 14 which is the semiconductor laser equipment 13 which is 12,520nm of semiconductor laser equipment whose ***** wavelength which is not illustrated is 460nm, and 630nm is carried, the shape-of-beam control unit 16 is formed corresponding to each semiconductor laser equipment, and the light sent from each joins with the optical-path adjusting device 18, and forms a white light in this image generator in general.

[0056] The two-dimensional switch array 11 consists of a unit switch with a 16x8-micrometer sizes [two sizes] of 1 million pixels constituted by using micro machine technology for Si wafer. The television synchronizing signal control circuit 15 transmits red (630nm) information, green (520nm) information, and blue (460nm) information to each two-dimensional switch array 11. The optical spectral separation coupler 19 is equipped with the light-receiving side which has the pixel arranged by the ** two-dimensional which it does not illustrate. After the laser beam of three colors is able to extend a beam system with the shape-of-beam control unit 16, incidence of it is carried out to the light-receiving side of the optical spectral separation coupler 19 as the white light. By the way, the signal line from the switch of the two-dimensional switch array 11 is connected to this light-receiving side for every pixel, and the refractive index for every pixel is controlled. With this refractive index, the laser beam which carries out incidence as the white light is reflected on alternative wavelength, and it emanates to optical system 24. If it puts in another way, the wavelength which is not chosen will pass through a light-receiving side, and it will not carry out incidence to optical system 24.

[0057] Thus, the super-high definition large-scale image was acquired by projecting a laser beam 20 through the optical system 24 constituted with a projection lens on the 10x5m screen 17 of the size of 2 in the image information generated from the full color laser beam image generator 23.

[0058] This optical image generator 23 can be used also for the projector which projects the screen information of a computer display unit on the screen for OHP combining a personal computer.

[0059] <Example 5> this example is explained using drawing 8 and drawing 9 .

[0060] Drawing 8 is drawing showing the transmission loss property of the optical fiber formed by polymethylmethacrylate (PMMA) which is one of the organic materials. The minimum transmission loss wavelength of the gray dead index mold plastic optical fiber (GI-POF) which makes polymethylmethacrylate the core of a principal member is in 600nm or less (especially 560-575nm).

Although the attempt which constitutes a lightwave transmission system using this optical fiber was studied from before, it does not have the semiconductor laser element oscillated on the wavelength of 600nm or less, and the semiconductor laser element which has the barrier layer of the InAlGaP system in which transmission loss wavelength carries out laser oscillation on the wavelength near [comparatively low] 650nm was used for it as the light source. However, a practical transmitting distance stopped at at most 2km under the effect of transmission loss, when making the distance beyond this transmit, the S/N ratio fell from the fall of signal strength, and the reliability of transfer information was falling remarkably. For this reason, once having prepared the repeater on the transmission line for carrying out optical transmission of the distance of 3km or more, and changing into an electrical signal here, it could not but change into the lightwave signal again and the signal had to be transmitted.

[0061] On the other hand, if the semiconductor laser equipment whose oscillation wavelength which this invention realizes is 560-575nm is used for the light source of an above-mentioned lightwave transmission system as the example 1 already explained, the transmission loss which was a 0.3 - 1.0 dB/m degree conventionally can be reduced a figure single [about] to 0.05 dB/m. When the transmission band at this time was estimated, it could be found with 2 GHz-km, and reaching about 400 times over the past was shown.

[0062] When this is described concretely, it is that the existence of a repeater which was indispensable to optical transmission with a distance of 3km or more becomes unnecessary also in a transmission distance 5km or more in the lightwave transmission system using an optical fiber (following, POF) by conventional polymethylmethacrylate. Therefore, a new lightwave transmission system can be proposed by the knowledge acquired combining the semiconductor laser equipment and POF of this invention. In LAN (Local Area Network) which covers a city area, at least, it connects with the optical fiber of one which connects between a base station, a relay center, or receiving stations or a relay center, a relay center, or receiving stations of the transmission lines with which a line consists of length (5km or more and 10km or less) of an organic material desirably 3km or more, and this lightwave transmission system is characterized by making a lightwave signal with a wavelength of 600nm or less spread the inside of the optical fiber concerned.

[0063] The example is shown in drawing 9 . The lightwave transmission system shown in this drawing combines the so-called

lightwave transmission system of the trunk system which used for conventional SiO₂ or this conventional B-2 O₃ and the optical fiber 60 which mixed GeO₂ and was formed, and the lightwave transmission system of a subscriber system using above-mentioned POF53.

[0064] The lightwave transmission system of a subscriber system connects the signal transceiver terminal of a relay center, and the signal sender receiver terminal 55 of a subscriber A(ordinary homes) 61 or a subscriber B(office building) 64 through the subscriber system optical transmission line 54 of POF, and is constituted. Each subscriber changes the lightwave signal from the subscriber system optical transmission line 54 into an electrical signal by the photo detector 52 of the signal sender receiver terminal 55, and receives the information put on this signal with television (for example, teletext channel) 62, facsimile (for example, with a telephone function) 63, and a computer terminal 65. The photodiode which has only the laminated structure excluding the current constriction layer 8 from the semiconductor laser element of an example 1 is used for a photo detector. If a subscriber performs information dispatch to a demand of the information on a base station, or other subscribers from the keyboard of facsimile 63 or a computer 65, the electrical signal sent from each device will be changed into a lightwave signal with the semiconductor laser equipment 51 of the signal sender receiver terminal 55, and information will be sent to the signal sender receiver terminal 55 of a base station or other subscribers also through a relay center depending on the subscriber system optical transmission line 54 and the case. The semiconductor laser equipment 51 of a subscriber's signal sender receiver terminal 55 uses the thing of the specification stated in the example 1. Although only Subscriber AB has joined the subscriber system optical transmission line 54, 1000 or more (if it spreads, it will go up figures double [further 1-]) households have joined drawing 9 in practice.

[0065] As mentioned above, the loss in the fiber of the light which serves as signal-transmission data medium in the information communication link not only through POF but an optical fiber poses a problem. Therefore, a signal is once changed into the electrical and electric equipment through a relay center in the process in which the signal from a base station is transmitted in a subscriber, an electrical signal is amplified so that amplifier 58 may raise S/N of a signal, and it changes into light again, and passes on a fiber. Although such technique was performed from the former, using the photo detector 52 and the POF transmission line 53 of structure according to the semiconductor laser equipment 51 of this invention, and this, it is using light with a wavelength of 600nm or less as signal-transmission data medium, and the following lightwave transmission systems can be built.

[0066] As drawing 9 shows, in the lightwave transmission system which this invention newly makes possible, the base station 57, the relay center 56, and the information network through light with a wavelength of 600nm or less which the semiconductor laser equipment 51 of this invention oscillates [subscribers 61 and 64] altogether are formed. The transmission loss of light [in / when it carries out compared with the case where it carries out through the light of the wavelength near / conventional / 650nm, through wavelength (460-535nm and 560-575nm) of light / POF53] becomes low with 0.1 dB/m so that clearly from drawing 8 , and the light of the same reinforcement can be transmitted to distance with a far, about single figure. For this reason, the optical-communication network by POF made to have no advantage of practical use only to LAN in a building and a factory (short-range intrinsic-light communication link) conventionally obtained the examination result extensible to the size of ordinance-designated city level. That is, since information can be sent without amplification by high S/N to a maximum of 10km when transmitting light with a wavelength of about 570nm to the POF transmission line 53, a relay center is estranged that there is nothing until now, and can be installed. here -- being careful -- the light source of this lightwave transmission system will be the point which is not limited to the II-VI group compound semiconductor laser equipment of above-mentioned this invention, but can oscillate light with a wavelength of 560-575nm that group-III-V-semiconductor laser equipment may be used, if it becomes. However, as long as this invention person investigated, the light source which has the hope of practical use at a present stage in addition to II-VI group compound semiconductor laser equipment is not found out.

[0067] For example, in the case of Yokohama-shi, Kanazawa-ku Tomioka and north can complete the optical-communication network which covers in the city completely only by connecting a base station from here to the Shin-yokohama station front in the relay center where the POF transmission line was formed one place at a time in south for every division to Nagatsuta, Midori-ku. In each division, it is also expected that the subscriber system optical transmission line 54 can also be laid throughout the inside of the ward from one relay center and that the optical-communication network where it is the advantage of optical transmission with a wavelength [by the POF transmission line 53] of about 570nm, and a local resident tends to join since the number of relay centers can mitigate the initial investment of few parts and lightwave transmission system construction in addition to the cheapness of POF, or a luminescence and a photo detector can be offered.

[0068] Although drawing 9 shows the function which delivers and receives the signal of a trunk system and a subscriber system through optical-electrical-and-electric-equipment inverter 59 to a base station, LAN A in the city and LAN B in the city are connectable through the transmission line of a trunk system with such a configuration.

[0069] Thus, the engine performance of the semiconductor laser equipment of this invention enables construction of the cheap and highly efficient new optical transmission system which used POF. Needless to say, implementation of the light source with an oscillation wavelength [by this invention] of 600nm or less also enables the activity of the material with which the application to a lightwave transmission system was postponed by eye backlash the minimum transmission loss wavelength (or wavelength from which transmission loss becomes 0.1 or less dB/m) of whose it is optical fiber of the polymeric materials formed not only with the

lightwave transmission system which used POF but with the organic material, and is 600nm or less until now.

[0070] In addition, if the light source which is the oscillation wavelength of 560-575nm which the optical fiber and this invention of polymethylmethacrylate (PMMA) realize is combined, for example to an optical fiber gyroscope, the system which consists of the semiconductor laser and POF(s) by this invention can consider the application to a broad field -- the extensive improvement of the engine performance / price ratio is found.

[0071]

[Effect of the Invention] The semiconductor laser of the high performance which is in a level with the product level high in an orange wavelength region in which laser oscillation is possible from purple can be offered by carrying out the charge of a principal member of the ZnCdMgSeTe on a cheap and quality ZnTe single crystal substrate, and producing the II-VI group semiconductor laser structure where the p mold ZnTe was used at embedded ******, by this invention.

[0072] moreover -- if the visible region semiconductor laser which can be offered using this invention is used for the light source -- small -- if it overly uses combining a highly minute image generator, the optical disk unit which is not in the former and has high-density storage capacity, or a plastic fiber -- LAN (short-range intrinsic-light communication link), light INTAKONEKUTO between boards, a subscriber system, an optical fiber gyroscope, etc. -- familiar -- a low price -- a highly efficient system can be offered.

[Translation done.]

JAPANESE

[JP,10-027946,A]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION TECHNICAL PROBLEM
MEANS DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing showing the relation between forbidden-band energy and a lattice constant.

[Drawing 2] The schematic diagram showing the band structure of semiconductor laser. An axis of ordinate shows energy and a horizontal axis shows the laser structure lengthwise direction depth from a substrate.

[Drawing 3] The schematic diagram showing the band structure of semiconductor laser. An axis of ordinate shows energy and a horizontal axis shows the laser structure lengthwise direction depth from a substrate.

[Drawing 4] The schematic diagram showing the band structure of semiconductor laser. An axis of ordinate shows energy and a horizontal axis shows the laser structure lengthwise direction depth from a substrate.

[Drawing 5] Drawing showing the lattice constant of a semiconductor laser structure lengthwise direction. An axis of ordinate shows a lattice constant and a horizontal axis shows the laser structure lengthwise direction depth from a substrate.

[Drawing 6] Element cross-section structural drawing showing semiconductor laser structure and a material presentation

[Drawing 7] Drawing showing the outline of an image display device.

[Drawing 8] Drawing showing the transmission loss property of a plastic fiber.

[Drawing 9] Drawing which expresses typically the lightwave transmission system which combined the semiconductor laser equipment and POF of this invention.

[Description of Notations]

1 --- a substrate, 2 --p mold cladding layer, 3 --p mold lightguide layer, and 4 --- a barrier layer, a 5 --n mold lightguide layer, a 6 -n mold cladding layer, and 7 --- a contact layer, 8 -- buried layer, 9 --p lateral electrode, and 10 --- n lateral electrode, a 11 -- two-dimensional switch array, 12 and 13, 14 -- semiconductor laser, and 15 --- a synchronizing signal control circuit, 16 -- shape-of-beam control unit, 17 -- screen, and 18 --

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-27946

(43)公開日 平成10年(1998)1月27日

(51)Int.Cl.^a
H 0 1 S 3/18
H 0 4 B 10/28
10/02

識別記号

府内整理番号

F I
H 0 1 S 3/18
H 0 4 B 9/00

技術表示箇所

W

審査請求 未請求 請求項の数9 O.L (全11頁)

(21)出願番号 特願平8-181856

(22)出願日 平成8年(1996)7月11日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72)発明者 右田 雅人
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者 百瀬 正之
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72)発明者 中塚 健一
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置、画像表示装置、及び光伝送システム

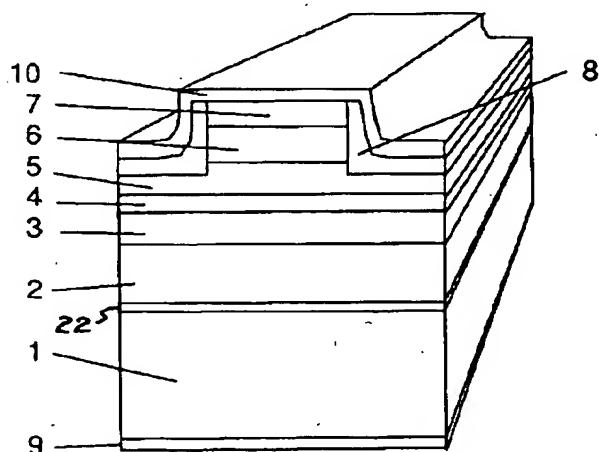
(57)【要約】

【課題】 波長400から700nmの波長域の実用レベルの性能を有するII-VI族半導体レーザの提供を可能にすること。

【解決手段】 レーザ材料と同じII-VI族化合物半導体であるp型ZnTeを基板に用い、クラッド層の組成をZnMgSeTeとすることでレーザ共振器を構成する半導体積層構造を基板との格子整合条件を満たした条件で形成する。

【効果】 ZnMgSeTeのクラッド層組成を調整することで所望の発光組成を有する活性層を基板と格子整合させて形成できるため、活性層内で発生する積層欠陥や転位などの欠陥の発生を抑制でき、素子の温度特性も顕著に改善できる。

図6



【特許請求の範囲】

【請求項1】p伝導型ZnTe単結晶基板上部に該基板と実質的に格子整合条件を満たすよう形成されたZn_xMg_{1-x}Se_{y(1-x)}Te_{1-y(1-x)}(0≤x<1)の組成を有するクラッド層を含むことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】上記クラッド層の組成のyは、略0.5であることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】上記クラッド層に挟まれるように形成された活性層は、Zn_xCd_{1-x}Se_{y(1-x)}Te_{1-y(1-x)}(0≤x≤1)の組成からなり、yは略0.884であることを特徴とする請求項1項又は請求項2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】上記クラッド層に挟まれるように形成された活性層は、Zn_xMg_{1-x}Se_{y(1-x)}Te_{1-y(1-x)}(0≤x≤1)の組成を有し、室温における該活性層の禁制帯幅は上記クラッド層の禁制帯幅より少なくとも0.3eV以上小さいことを特徴とする請求項1及び第2項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項5】p型ZnTeを電流狭窄部の埋込材料に用いたことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項6】請求項1乃至4の半導体レーザ装置を光源として備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項7】上記半導体レーザ装置は、利得導波型又は高周波重置型の共振器構造を有することを特徴とする請求項6に記載の画像表示装置。

【請求項8】600nm以下の発振波長の光源を含み且つ該光源により光信号を送信する信号送信手段と、該信号送信手段からの光信号を受信する信号受信手段と、該信号発振手段と該信号受信手段とを結び該光信号を伝送するプラスティックファイバからなる伝送線からなり、上記伝送線の少なくとも一は3km以上の長さを有することを特徴とする光伝送システム。

【請求項9】半導体レーザにより光信号を発信する光信号発信手段と、該光信号を伝送する有機材料からなる伝送線とを含み、上記半導体レーザの発振波長における上記伝送線の伝送損失は0.1dB/m以下であることを特徴とする光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体光素子及びそれを応用した装置に関わり、特に光記録再生装置、画像発生装置、光情報処理端末装置、あるいはプラスティックファイバ等を信号伝送路とする光通信システムに有用な半導体レーザに関わる。より詳しく述べると、II-VI族化合物材料を用いる可視から紫外波長域に発振波長を

有する半導体レーザならびに発光ダイオードと、半導体レーザを光源に用いた画像表示装置などの装置に関する。

【0002】

【従来の技術】600nm以下の波長帯で動作する半導体レーザは、非線形光学結晶を用いて高次の光高調波を発生させる所謂SHG方式以外の方法では、現在のところ実用化されていない。最近、GaAsを基板に用いてその上にクラッド層としてZnMgSSe、活性層としてZnCdSeからなるII-VI族化合物半導体レーザの研究が行われている。ここで、II-VI族化合物半導体とはアルカリ土類金属（例えば、Mg）や亜鉛族（例えば、Zn、Cd）等の+2の酸化状態を示す元素（所謂、II族元素）とカルコゲン（例えば、S、Se、Te）等の-2の酸化状態を示す元素（所謂、VI族元素）からなる半導体材料を定義する。しかしながら、レーザ動作時に急速な性能劣化が起こるためにZnMgSSe系半導体を活性層に用いて実現される青緑色半導体レーザの寿命は数時間に留まり、製品水準である1万時間以上の寿命を得るに到っていない。

【0003】一方、p型ZnTeを基板に用いてその上に上述のII-VI族半導体を積層して成る発光素子が2例知られている。第一の例（特開昭57-26491号公報参照）はp型ZnTe基板上にZn_{1-x}Cd_xSe_yTe_{1-y}(0<x<1)により構成される発光素子に関するものであり、第二の例（特開平04-133478号公報参照）はp型ZnTe基板上にMg_{1-x}Zn_xTe(0<x<1)の組成により構成される発光素子に関するものである。

【0004】第一の例は、p-ZnTe基板上にn-Zn_{1-x}Cd_xSe_yTe_{1-y}からなる活性層を、さらに当該活性層上にn⁺-Zn_{1-x}Cd_xSe_yTe_{1-y}をそれぞれ格子整合させて積層することで、発光波長650nmの光源を実現するものである。しかし、この例では活性層とクラッド層との間のバンドオフセットが十分にとれないために実現できる光源の発光波長は700nm付近の近赤外領域に限られ、可視域の発光素子としては機能しないという重大な欠点があった。

【0005】一方、第二の例は、p-ZnTe基板上にp-Mg_{0.5}Zn_{0.5}Teからなるクラッド層、アンドープのMg_xZn_{1-x}Te(x<0.5)からなる活性層、n-Mg_{0.5}Zn_{0.5}Teからなるクラッド層をこの順に積層し、発光波長が490nm(x=0.25)又は540nm(x=0.1)の半導体発光素子を実現するものである。ここで、活性層のエネルギー bandwidthギヤップEg(単位:eV)と発光波長λ(単位:nm)の関係は次式で表される。

【0006】

…(数式1)

$$Eg = 1.24 / \lambda$$

しかし、第2の例では基板と結晶との格子整合条件を満足出来ないために結晶品質が劣悪になり、そのために実用に耐え得る発光素子の作製が不可能であると言う重大な欠点を有していた。即ち、活性層に結晶欠陥が多く存在するため、本来発光に寄与すべきキャリア（電子、正孔）の損失が多く、また発光したとしてもこれに伴う結晶の温度上昇に伴い活性層・クラッド層間の格子不整合が増長し、さらに多くの結晶欠陥が活性層内で増殖するという問題を抱えていた。従ってこの例に基づいて発光ダイオードを構成しても寿命が短く、さらに半導体レーザを構成しても活性層やクラッド層に存在する結晶欠陥の多さからレーザ発振が殆ど不可能であった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】実用レベルの性能を有するII-VI族化合物半導体レーザを提供するためには、以下に述べる課題の解決が必要である。

【0008】まず、GaAs基板を用いたZnMgSSe系レーザ素子では、基板界面近傍で発生する熱歪、価電子数の不整合性、および界面近傍で形成されるGa₂Se₃層中の空孔の影響を受けて、基板との界面付近において結晶欠陥の濃度が著しく高くなることを避けることが出来ない（技術課題1）。それに加えて、p型ZnMgSSe中の正孔濃度を10¹⁷cm⁻³以上に高くすることが困難であるために、素子の電気抵抗を下げることができず、電流注入時に起こる素子内の温度上昇の抑制が困難である（技術課題2）。また基板よりも1%以上大きな格子定数を持つZnCdSeを活性層に用いる必要があるために大きな圧縮歪が活性層と光ガイド層もしくはクラッド層との間に掛っている（技術課題3）。従って、電流注入時に、界面近傍の熱応力の開放と共に発生するミスフィット転位や成長時に生成する積層欠陥を源として転位が増殖し、素子の温度上昇とともにその成長が加速され、活性層を貫通するに至る（貫通転位の成長）。このことをトリガーとして、活性層内の大きな圧縮歪による応力を緩和させるように原子の再配列が引き起こされ、レーザ素子を破壊に到らしめることが実験により明らかにされている。それ故に現状では、ZnMgSSe系青緑色半導体レーザの寿命は、製品水準である室温連続動作時の寿命が1万時間以上に達するに至っていない。

【0009】一方、近年良質のZnSeバルク単結晶を基板に用いたII-VI族半導体レーザが報告されている（ELECTRONICS LETTERS, Vol.31 No.16 (1995年8月3日刊行) pages 1341-1342）。この文献は、n-ZnSe基板上部にZnCdSeからなる活性層を設け、当該活性層の上下を挟むようにZnSeからなる光ガイド層を形成し、さらに光ガイド層の上下を挟むようにZnMgSSeクラッド層を形成してなる半導体レーザを開示し、その発振波長は485乃至517nmになることを教示する。この半導体レーザでは、ZnSe基板やZn

Se光ガイド層との格子整合を考慮してクラッド層をZnMgSSeで形成する一方、活性層をZnSe光ガイド層と格子整合しないZnCdSeからなる量子井戸層（pseudomorphically-strained quantum well）として形成している。

【0010】しかし、この文献が開示する半導体レーザにおいても、上述の第2の従来例に見られた基板と活性層との格子不整合に起因する問題に対する配慮が不十分であった。即ち、ZnSeからなる基板又は層との格子整合を考えて採用したZnMgSSeクラッド層において、構成元素の一つであるSがその蒸気圧の高さ故、素子の製造工程や素子の動作中における温度上昇でクラッド層から抜け、これにより当該クラッド層の化学量論組成が崩れる（VI族元素が入るサイトに不自然な空孔が生じる）という新たな現象が見出されたのである。この現象が生じた結果、ZnSe基板又はZnSe光ガイド層とZnMgSSeクラッド層との間の格子整合は損なわれ、夫々の層は互いの結晶構造を歪ませる応力を加えあう。このような層間に生じる歪エネルギーは、ZnMgSSe層からのSの脱離が進むにつれて高まり、各層においては、このエネルギーを駆動力とした転位（結晶欠陥）の増殖が進行し素子を劣化させる。

【0011】上述のようにZnCdSe活性層は、元來ZnSe光ガイド層に対し格子不整合の条件で接合されているが、光ガイド層との格子定数の差及び層厚（60～200Å）を調整することで層内における転位の発生を抑止している。しかし、Sの脱離に伴うZnMgSSe層との格子不整合の増長によりZnSe光ガイド層の結晶構造が歪むことで、予期せぬ圧縮応力が活性層に掛かり素子性能は急速に劣化する（上述の技術課題3）。

【0012】さらに、レーザ素子用基板として充分な品質のZnSe単結晶の作製は困難を極める上に、量産化技術も確立されていないため、安価で良質な結晶の入手が不可能であるという大きな欠点を有している（技術課題4）。

【0013】これらの理由からZnSe単結晶を基板に用いたII-VI族化合物半導体レーザも現在実用化されるに至っていない。

【0014】本発明は、以上の技術的課題を解決し、実用レベルの性能を有する400nmから700nmの可視波長域、特に実用化が困難とされた600nmの波長領域で発振するII-VI族半導体レーザの提供を可能にすることを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、本発明では基板材料に立方晶閃亜鉛構造のp-ZnTeを、クラッド層にZnMgSeTeを夫々用い、クラッド層のZnMgSeTe組成をZnTe基板と実質上格子整合するように選んでII-VI族半導体レーザを形成する。その長所は以下の通りである。

【0016】1. レーザ光を発振するための共振器構造を形成する材料と同じII-VI族化合物半導体であるp型ZnTeを基板に用いると、GaAs基板を用いる場合に比べて基板界面での熱歪の発生を抑制できる。また価電子数の整合性をとることが出来る上に、Ga₂Se₃層が形成されないので、基板界面で発生する積層欠陥や転位などの欠陥の発生を抑制できる（技術課題1の改善）。

【0017】2. クラッド層をZnMgSeTeで構成することにより、硫黄（S）を構成元素から外せるため、クラッド層の化学量論組成の実質上の安定性（即ち、レーザ発振に支障を来さない結晶品質）が確保できる。また、p伝導型のZnMgSeTeクラッド層とp伝導型のZnTe基板（又はバッファ層）とを接合することで、p側クラッドの直列抵抗を著しく改善できる。即ち、基板とクラッドとの間の価電子帯のエネルギー差が0.3eVと小さいために、正孔注入時の抵抗成分を10⁻³Ωcm²以下にできるので熱の発生を抑制でき、素子の温度特性を顕著に改善できる（技術課題2の改善）。

【0018】3. p-ZnTe基板とZnMgSeTeクラッド層を採用することにより、基板から活性層上部のクラッド層に到るまで格子整合条件を満たすように素子構造を作製できる。これにより、活性層近傍での歪による応力の発生を完全に抑制できる（技術課題3の改善）。

【0019】4. ZnTe単結晶は、ZnSeに比べて、良質な結晶の作製が容易で量産性が良好な上に、GaAsよりも安価な単結晶の入手が可能である。したがって、本発明を用いると従来技術の課題を全く克服できるために、製品水準の性能を有する低価格のII-VI族化合物半導体レーザを作製できる（技術課題4の改善）。

【0020】次に、基板材料にp-ZnTeを、クラッド層にZn_xMg_{1-x}Se_{y(1-x)}Te_{1-y(1-x)}（0≤x<1）を夫々用いてII-VI族化合物半導体レーザを形成する根拠について、図1を参照して説明する。図1には、本発明者が算出したII-VI族系化合物半導体の結晶の室温（25℃）における格子定数の概算値と禁制帯幅の関係が、プロットされている。ここで格子定数のデータを概算値として示した理由は、結晶の格子定数は厳密には

$$【数2】 5.90y(1-x) + 6.10x + 6.30(1-y)(1-x) = 6.10 \quad \cdots (数式2)$$

【0024】

$$【数3】 3.5y(1-x) + 2.26x + 3.2(1-y)(1-x) = E_{g_{CL}} \quad \cdots (数式3)$$

数式2は室温における格子整合条件、数式3は禁制帯幅の観点に夫々基づくものである。本発明者は、これらの数式から算出された組成でクラッド層を形成することにより、実質上結晶欠陥フリーのII-VI族化合物からなる半導体レーザ装置が実現できることを見出した。

その環境温度により微妙に変わること、本発明の半導体レーザ装置の作製指針に十分な精度であることである。各化合物毎の格子定数（概算値）-禁制帯幅は、ZnTeで6.10nm-2.26eV、MgTeで6.30nm-3.2eV、MgSeで5.90nm-3.5eV、CdTeで6.48nm-1.44eV、CdSeで6.05nm-1.7eV、及びZnSeで5.67nm-2.67eVである。

【0021】図1から明らかなように、ZnTeなる半導体層を構成するII族元素Znの少なくとも一部をMgで置き換えるとき、VI族元素Teの一部をSeで置き換えることにより当該半導体層の格子定数をZnTeのそれに近づけられる。またZnをCdで置き換えるときも、VI族元素Teの一部をSeで置き換えることで当該半導体層の格子定数をZnTeのそれに近づけられる。一方、ZnTe半導体層の禁制帯幅は、ZnをMgで置き換えるに従って広がり、ZnをCdで置き換えるに従って狭まる。この図から、クラッド層をZnMgSeTeなる4元系、又はMgSeTeなる3元系の化合物半導体で、活性層をZnCdSeTeなる4元系、又はCdSeTeなる3元系の化合物半導体で構成することで、活性層へのキャリア閉じ込め効率の高い半導体レーザをZnTe基板上に実質的な格子整合条件を満たして実現できることが明らかであろう。

【0022】本発明者は、図1に示したデータを基にp-ZnTe基板とこれに実質上格子整合するZn_xMg_{1-x}Se_{y(1-x)}Te_{1-y(1-x)}クラッド層（0≤x<1）とを組み合わせて半導体レーザ装置を構成する利点を次のように説明する。クラッド層は活性層より大きな禁制帯幅を有することを要請されるが、本発明によれば、活性層の組成によりその値がZnTe以上となっても十分な大きさの禁制帯幅を有し且つZnTe基板と格子整合するクラッド層組成を容易に見出せるからである。即ち、Zn_xMg_{1-x}Se_{y(1-x)}Te_{1-y(1-x)}クラッド層に対し、4元系の化合物1モルがy（1-x）モルのMgSe、（1-y）（1-x）モルのMgTe及びxモルのZnTeからなると考え、クラッド層に所望する禁制帯幅E_{g_{CL}}に対し次の連立方程式を解けばよいのである。

【0023】

【0025】さらに望ましくは、上述のyを0.5に近づけるとクラッド層の組成設定は簡単となる。この点から、クラッド層組成におけるyは略0.5とすることが望ましい。また活性層を基板と格子整合しない所謂歪量子井戸構造とする場合、これに接合されるクラッド層で

応力補償を行うように基板に対し若干の格子定数差 ($a, -0.02 < a < 0.02$) を持たせてもよい。このとき、上述の式2の右辺は $6.10a$ となる。

【0026】さて、上述の可視域半導体レーザを光源に用いると、従来になく高密度な記録容量を持つ光ディスク装置、小型高精細画像表示装置が、或いはプラスティックファイバと組み合わせて用いると、LAN(狭域内光通信)、ボード間光インタコネクト、加入者系などの身近で低価格な光信用システムを実現出来る。

【0027】この例として、画像表示装置用光源と光信用光源に本発明に関わる半導体レーザを用いた例をそれぞれ述べる。前者に関して、1993年にデジタルマイクロ反射鏡を用いた高精細投射型ディスプレイが発表されている(SID93 DIGEST, 47.6 Late-News Paper: pp1012-1015)。現在、その光源には 1 kW の Xe もしくは金属ハライドランプが使用されているが、その劣化寿命は2000時間(3ヶ月)以内と短く、しかも交換にかかる費用は一回に付数万円と高価である。本発明による青色、緑色、赤色半導体レーザを光源に使用することにより、光源の寿命を大幅に伸ばすことができる。また装置構成が簡略かつ小型化し、そのため画像発生部と表示スクリーンとが分離出来るなど、低価格化も実現できる。また大幅な少電力化がはかれるので維持費の大幅な低減が可能となる、など省エネルギーなど対環境性も考慮した将来ニーズに適う製品を提供出来る。この他にも液晶投射型ディスプレイ用光源等種々のディスプレイ用光源などにも応用が可能であることはもちろんである。

【0028】また後者に関して、プラスティックファイバ(POF)が現在市販され、低価格のLAN(local area network)等の光通信システムが市場にて回り始めている。現在、POFの伝送損失スペクトルに整合がとれる最適な波長(560~575nm)のレーザ光源が存在せず、そのためオレンジ発光素子、もしくは赤色レーザで代用されている。しかしこれらの光源を用いた場合には、伝送損失が著しく大きくなるために、システムの価格上昇につながるので、信号伝送性能の改善が強く望まれている。本発明による発振波長約570nmの半導体レーザを光源に使用すると、伝送損失を大幅に低減でき、かつ伝送帯域を拡大出来るので、伝送特性の大幅な改善が行えた。

【0029】

【発明の実施形態】以下の実施例及びその関連図面に開示する本発明の好ましき実施の形態により、本発明をさらに具体的且つ詳細に説明する。

【0030】<実施例1>本実施例を図2及び図6を参考して説明する。本実施例は、活性層組成を $Z_{n_x}Cd_{1-x}Se_{y(1-x)}Te_{1-y(1-x)}$ ($0 \leq x \leq 1$) の一例である $ZnTe$ ($x = 1.0, y = 0$) とした半導体レーザ装置に関するものである。

【0031】室温下でキャリア濃度 $5 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 、ホール移動度 $25\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、比抵抗 $0.07\Omega \cdot \text{cm}$ の電気特性を有する、厚さ 1mm 、直径3インチのp型ZnTeウエハをレーザ結晶成長用の基板1として使用した。使用に当たり、次ぎのプロセス前工程を行った。先ず、表面のラッピングを行い、次いで有機洗浄を行った後、ダメージ層をエッチングにより除去した。エッチャントには HCl と HNO_3 の混合液を用い、 25°C 、5分間のエッチングにより表面を $10\mu\text{m}$ 程度除去した。エッチング後の基板は、純水洗浄と窒素雰囲気中で乾燥を行った後、即座に基板ホルダに取付け、成長炉内に挿入し、減圧下に保持した。レーザ結晶の成長は、原料に固体の Zn, Mg, Se, Te を用いるMBE法により行った。先ず基板を 610°C まで加熱し表面酸化層を除去した。酸化層の除去が完全に行われていることをRHEEDで確認した後、基板温度を 320°C に下げて、 Zn 分子線を照射し基板表面の結晶性を整えた。基板温度を 320°C 一定に保持したまま、 50nm 厚のp型ZnTe層2を成長した。その上に $2\mu\text{m}$ 厚のp型 $Z_{n_0.2}Mg_{0.8}Se_{0.4}Te_{0.6}$ クラッド層(p型キャリアの密度: $p = 4 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)2を積層し、次いで厚さ 120nm のp型 $Z_{n_0.6}Mg_{0.4}Se_{0.2}Te_{0.8}$ ガイド層($p = 7 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)3を成長した。その上に活性層4としてアンドープ $ZnTe$ を厚さ 10nm 積層した。

【0032】ここで注釈すれば、 $ZnTe$ はバルク結晶として形成される場合、若干の Zn が抜けて空のサイト($Zn-vacancy$)が結晶中に形成される。この空のサイトの存在は、 $ZnTe$ の結晶性を実質上損なうものでないが、これによりドーパントを注入しなくとも $ZnTe$ のバルク結晶はp型の導電性を示す。これに対し、半導体基板上又は半導体膜上にエピタキシャル成長される $ZnTe$ 膜は空のサイトが実質上形成されず、従って実質上導電性のない(intrinsicな)結晶となる。

【0033】次ぎに、n型光ガイド層5として厚さ 120nm のn型 $Z_{n_0.6}Mg_{0.4}Se_{0.2}Te_{0.8}$ (n型キャリアの密度: $n = 5 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)とn型クラッド層6として厚さ 800nm のn型 $Z_{n_0.2}Mg_{0.8}Se_{0.4}Te_{0.6}$ ($n = 8 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$)を順次積層した後、n側電極とのコンタクト層7として $Z_{n_x}Mg_{1-x}Se_yTe_{1-y}$ ($0.2 \leq x \leq 0.3, 0.4 \leq y \leq 1$)からなる傾斜組成層を形成した(図2参照)。このコンタクト層7は、後の工程でこの上面に形成されるn側電極と上述のn型クラッド層6との電気的な導通を向上させるためのものであり、その組成が徐々に $ZnSe$ に近づくよう成長させる。このように膜厚方向に組成比を傾斜させて成長させたコンタクト層7は、最上部において組成が略 $ZnSe$ となるようにする。これは、 $ZnSe$ なる半導体がn型の導電体として扱うに好適なためである。

【0034】以上の工程を終えた段階での素子の縦方向(成長方向)の格子定数を図5に示す。p-ZnTe基

板下面から $n-ZnMgSeTe$ のクラッド層6上面まで格子定数は略一定となり、 n 型のクラッド層6と傾斜組成層7との界面を境に減少している（界面に相当する部分を図5中の矢印で表示）。これは、図1から明らかなように、 $ZnSe$ の格子定数は $ZnTe$ のそれより小さいことによる。コンタクト層の平均キャリア濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であった。

【0035】成長終了後、温度を 30°C 一定に保持し B_{r_2} とエタノールとの混合エッチャントを用いてエッチングを行い、ストライプ幅 $8 \mu\text{m}$ の埋込用構造を形成した。その後エピュエハをMOCVD成長炉に導入し、基板温度 370°C において p 型 $ZnTe$ 電流狭窄層8の埋込再生長を行った。再成長後、混合エッチャントでエピ表面をエッチング後、 p 基板側電極9に $\text{Ni}/\text{Ti}/\text{Au}$ 、 n 側電極10に $\text{In}/\text{Ti}/\text{Au}$ を蒸着した。以上の工程において、 p 型のドーパントには Li 等のI族元素（アルカリ金属元素）又は N 、 P 、 As 、 Sb 等のV族元素を、 n 型のドーパントには Al 、 Ga 等のIII族元素又は Cl 、 I 等のVII族元素（ハロゲン元素）を夫々用いた。

【0036】上述の工程により、共振器長 $600 \mu\text{m}$ 、幅 $850 \mu\text{m}$ のレーザチップを作製後、共振器端面を $\text{TaO}_2/\text{SiO}_2$ 多層膜によりコーティングし、端面反射率を95%に調整した。このようにして作製された素子は、室温での電流閾値 760 A/cm^2 、発振波長 568 nm 、また 50°C 加速試験における動作寿命は4800時間の性能を示した。

【0037】一方、電流狭窄層8に、絶縁性ポリイミド樹脂、または SiO_2 を使用した場合の室温での電流閾値はそれぞれ 2.0 kA/cm^2 、 1.4 kA/cm^2 と高い値であることから、埋込層に p 型 $ZnTe$ を使用したことにより表面暗電流が抑えられ、低閾レーザ動作が達成出来たことが確認出来た。

【0038】<実施例2>本実施例を図3及び図6を参照して説明する。本実施例は、活性層組成を $Z_{n_x}\text{Cd}_{1-x}\text{Se}_{y(1-x)}\text{Te}_{1-y(1-x)}$ ($0 \leq x \leq 1$)とした半導体レーザ装置に関するものであり、活性層組成の詳細は y を略 0.884 に設定し、所望の波長組成に合わせて上述の式 $1 \sim 3$ を順次解いて x を求めることができる。これは、既にクラッド層について説明した手法と同じ要領で行える。

【0039】室温下でキャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度 $2.5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、比抵抗 $0.07 \Omega \cdot \text{cm}$ の電気特性を有する、厚さ $1 \mu\text{m}$ 、直径3インチの p 型 $ZnTe$ ウェハをレーザ結晶成長用の基板1として使用した。使用に当たり、次ぎのプロセス前工程を行った。先ず、表面のラッピングを行い、次いで有機洗浄を行った後、ダメージ層をエッチングにより除去した。エッチャントには HCl と HNO_3 の混合液を用い、 25°C 、5分間のエッチングにより表面を $10 \mu\text{m}$ 程度除去した。エッ

チング後の基板は、純水洗浄と窒素雰囲気中で乾燥を行った後、即座に基板ホルダに取付け、成長炉内に挿入し、減圧下に保持した。レーザ結晶の成長は、原料に固体の Zn 、 Mg 、 Se 、 Te を用いるMBE法により行った。先ず基板を 610°C まで加熱し表面酸化層を除去した。酸化層の除去が完全に行われていることをRHEEDで確認した後、基板温度を 320°C に下げて、 Zn 分子線を照射し基板表面の結晶性を整えた。

【0040】基板温度を 320°C 一定に保持したまま、 50 nm 厚の p 型 $ZnTe$ 層22を成長した。その上に $2 \mu\text{m}$ 厚の p 型 $Z_{n_{0.2}}\text{Mg}_{0.8}\text{Se}_{0.4}\text{Te}_{0.6}$ クラッド層 ($p = 4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 2を積層し、次いで厚さ 120 nm の p 型 $Z_{n_{0.6}}\text{Mg}_{0.4}\text{Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8}$ ガイド層 ($p = 7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 3を成長した。その上に活性層4としてアンドープ CdZnSeTe を厚さ 10 nm 積層した。次ぎに、 n 型光ガイド層5として厚さ 120 nm の n 型 $Z_{n_{0.6}}\text{Mg}_{0.4}\text{Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8}$ ($n = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) と n 型クラッド層6として厚さ 800 nm の n 型 $Z_{n_{0.2}}\text{Mg}_{0.8}\text{Se}_{0.4}\text{Te}_{0.6}$ ($n = 8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) を順次積層した後、 n 側電極とのコンタクト層7として $Z_{n_x}\text{Mg}_{1-x}\text{Se}_{y(1-x)}\text{Te}_{1-y(1-x)}$ ($0.2 \leq x \leq 0.3$ 、 $0.4 \leq y \leq 1$) からなる傾斜組成層を形成した（図3参照）。コンタクト層の平均キャリア濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であった。

【0041】以上の工程を終えた段階での素子の縦方向（成長方向）の格子定数は、実施例1と同様に図5のグラフに示され、格子定数は n 型のクラッド層6とコンタクト層7との界面を境に減少している（図中の矢印で表示）。

【0042】成長終了後、温度を 30°C 一定に保持し B_{r_2} とエタノールとの混合エッチャントを用いてエッチングを行い、ストライプ幅 $8 \mu\text{m}$ の埋込用構造を形成した。その後エピュエハをMOCVD成長炉に導入し、基板温度 370°C において p 型 $ZnTe$ 電流狭窄層8の埋込再生長を行った。再成長後、混合エッチャントでエピ表面をエッチング後、 p 基板側電極9に $\text{Ni}/\text{Ti}/\text{Au}$ 、 n 側電極10に $\text{In}/\text{Ti}/\text{Au}$ を蒸着した。

【0043】以上の工程により、共振器長 $600 \mu\text{m}$ 、幅 $850 \mu\text{m}$ のレーザチップは概ね出来上がった。さらに、共振器端面を $\text{TaO}_2/\text{SiO}_2$ 多層膜によりコーティングし、端面反射率を95%に調整して半導体レーザ装置を仕上げた。このようにして作製された素子は、室温での電流閾値 580 A/cm^2 、発振波長 588 nm 、また 50°C 加速試験における動作寿命は3600時間の性能を示した。

【0044】一方、電流狭窄層に、絶縁性ポリイミド樹脂、または SiO_2 を使用した場合の室温での電流閾値は 2.4 kA/cm^2 、 1.7 kA/cm^2 と高い値であることから、埋込層に p 型 $ZnTe$ を使用したことにより表面暗電流が抑えられ、低閾レーザ動作が達成出来たこと

が確認出来た。

【0045】<実施例3>本実施例を図4及び図6を参照して説明する。本実施例は、活性層組成を $Z_{n_x}Mg_{1-x}Se_{y(1-x)}Te_{1-y(1-x)}$ ($0 \leq x \leq 1$)とした半導体レーザ装置に関するものであり、活性層組成の詳細はyを略0.5に設定し、所望の波長組成に合わせて上述の数式1~3を順次解いてxを求めることができる。これも実施例2同様、既にクラッド層について説明した手法と同じ要領で行える。

【0046】室温下でキャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール移動度 $25 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、比抵抗 $0.07 \Omega \cdot \text{cm}$ の電気特性を有する、厚さ1mm、直径3インチのp型ZnTeウエハをレーザ結晶成長用の基板1として使用した。使用に当たり、次ぎのプロセス前工程を行った。先ず、表面のラッピングを行い、次いで有機洗浄を行った後、ダメージ層をエッチングにより除去した。エッチャントにはHClとHNO₃の混合液を用い、25°C、5分間のエッチングにより表面を $10 \mu\text{m}$ 程度除去した。エッチング後の基板は、純水洗浄と窒素雰囲気中で乾燥を行った後、即座に基板ホルダに取付け、成長炉内に挿入し、減圧下に保持した。レーザ結晶の成長は、原料に固体のZn、Mg、Se、Teを用いるMBE法により行った。先ず基板を610°Cまで加熱し表面酸化層を除去した。酸化層の除去が完全に行われていることをRHEEDで確認した後、基板温度を320°Cに下げて、Zn分子線を照射し基板表面の結晶性を整えた。

【0047】基板温度を320°C一定に保持したまま、50nm厚のp型ZnTe層22を成長した。その上に2μm厚のp型 $Z_{n_0.2}Mg_{0.8}Se_{0.4}Te_{0.6}$ クラッド層($p = 4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)2を積層し、次いで厚さ120nmのp型 $Z_{n_0.6}Mg_{0.4}Se_{0.2}Te_{0.8}$ ガイド層($p = 7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)3を成長した。その上に活性層4としてアンドープ $Z_{n_0.8}Mg_{0.2}Se_{0.1}Te_{0.9}$ を厚さ10nm積層した。次ぎに、n型光ガイド層5として厚さ120nmのn型 $Z_{n_0.6}Mg_{0.4}Se_{0.2}Te_{0.8}$ ($n = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)とn型クラッド層6として厚さ800nmのn型 $Z_{n_0.2}Mg_{0.8}Se_{0.4}Te_{0.6}$ ($n = 8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)を順次積層した後、n側電極とのコンタクト層7として $Z_{n_x}Mg_{1-x}Se_yTe_{1-y}$ ($0.2 \leq x \leq 0.3, 0.4 \leq y \leq 1$)からなる傾斜組成層を形成した(図4参照)。コンタクト層の平均キャリア濃度は $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であった。

【0048】以上の工程を終えた段階での素子の縦方向(成長方向)の格子定数は、実施例1と同様に図5のグラフに示され、格子定数はn型のクラッド層6とコンタクト層7との界面を境に減少している(図中の矢印で表示)。

【0049】成長終了後、温度を300°C一定に保持しBr₂とエタノールとの混合エッチャントを用いてエッチングを行い、ストライプ幅8μmの埋込用構造を形成し

た。その後エピウエハをMOCVD成長炉に導入し、基板温度370°Cにおいてp型ZnTeの電流狭窄層8の埋込再成長を行った。

【0050】再成長後、混合エッチャントでエピ表面をエッチング後、p基板側電極9にNi/Ti/Au、n側電極10にIn/Ti/Auを蒸着した。共振器長600μm、幅850μmのレーザチップを作製した。共振器端面をTaO₂/SiO₂多層膜によりコーティングし、端面反射率を95%に調整した。

【0051】このようにして作製された素子は、室温での電流閾値 1.2 kA/cm^2 、発振波長519nm、また50°C加速試験における動作寿命は1800時間の性能を示した。また活性層としてアンドープ $Z_{n_{0.7}}Mg_{0.3}Se_{0.15}Te_{0.85}$ を用いた場合には、電流閾値 1.1 kA/cm^2 、発振波長458nm、また50°C加速試験における動作寿命は1900時間の性能を示した。

【0052】一方、電流狭窄層に、絶縁性ポリイミド樹脂、またはSiO₂等の絶縁性材料を使用した場合の室温での電流閾値はそれぞれ 2.7 kA/cm^2 、 1.9 kA/cm^2 と高い値であることから、埋込層にp型ZnTeを使用したことにより表面暗電流が抑えられ、低閾レーザ動作が達成出来たことが確認出来た。

【0053】<実施例4>本実施例を、図7を参照して説明する。

【0054】図7は、本発明の半導体レーザ装置を画像表示装置の光源として用いた一例を示すものである。

【0055】サイズ $20 \times 10 \text{ mm}^2$ の2次元スイッチアレイ11、発振波長が異なる3つの高周波重疊半導体レーザ装置12~14、受像同期信号制御回路15、ビーム形状制御装置16、光分波結合装置19を基本構成とする手のひらサイズ($6 \times 8 \times 4 \text{ cm}^3$)の小型2次元スイッチアレイを用いたフルカラーレーザ光画像発生装置23を試作した。この画像発生装置には、図示せざるも発振波長が460nmの半導体レーザ装置12、520nmの半導体レーザ装置13及び630nmの半導体レーザ装置14が搭載され、個々の半導体レーザ装置に対応してビーム形状制御装置16が設けられ、各々から送られる光は光路調整装置18にて合流し、概ね白色の光を形成する。

【0056】2次元スイッチアレイ11はSiウエハにマイクロマシン技術を用いて構成された100万画素の $16 \times 8 \mu\text{m}^2$ サイズの単位スイッチからなる。受像同期信号制御回路15は、赤色(630nm)情報、緑色(520nm)情報、青色(460nm)情報を夫々の2次元スイッチアレイ11に送信する。光分波結合装置19は、図示せざるも2次元に配列された画素を有する受光面を備える。3色のレーザ光は、ビーム形状制御装置16でビーム系を拡げられた後、白色光として光分波結合装置19の受光面に入射する。ところで、この受光面には画素毎に2次元スイッチアレイ11のスイッチか

らの信号線が接続され、画素毎の屈折率を制御している。この屈折率により、白色光として入射するレーザ光を選択的な波長で反射させ、光学系24に放射する。換言すれば、選択されない波長は受光面を通過し、光学系24に入射しない。

【0057】このようにフルカラーレーザ光画像発生装置23から発生した画像情報を、 $10 \times 5\text{m}^2$ のサイズのスクリーン17上に、投影レンズにより構成される光学系24を通してレーザ光20を投影することにより超高精細大型映像が得られた。

【0058】この光画像発生装置23は、パソコン用コンピュータと組み合わせて、コンピュータ・ディスプレイ装置の画面情報をOHP用スクリーンに投影するプロジェクタにも利用できる。

【0059】<実施例5>本実施例を、図8及び図9を用いて説明する。

【0060】図8は、有機材料の一つである、ポリメチルメタアクリレート(PMMA)で形成された光ファイバの伝送損失特性を示す図である。ポリメチルメタアクリレートを主材料とするグレーディッドインデックス型プラスティック光ファイバ(GI-POF)の最小伝送損失波長は600nm以下(特に560~575nm)にある。この光ファイバを用いて光伝送システムを構成する試みは、以前から研究されていたが、600nm以下の波長で発振する半導体レーザ素子が無く、伝送損失波長が比較的低い650nm付近の波長でレーザ発振するInAlGaP系の活性層を有する半導体レーザ素子を光源として用いていた。しかし、伝送損失の影響により実用的な送信距離はせいぜい2kmに留まり、これ以上の距離を伝送せざるとなると信号強度の低下からS/N比が低下し、伝達情報の信頼性が著しく低下していた。このため、3km以上の距離を光伝送するには伝送線路上に中継器を設け、ここで一旦電気信号に変換した後再度光信号に変換して信号を伝達せざるを得なかつた。

【0061】これに対し、既に実施例1で説明したように、本発明が実現する発振波長が560~575nmの半導体レーザ装置を上述の光伝送システムの光源に用いれば、従来0.3~1.0dB/m程度であった伝送損失を0.05dB/mまで約1桁低減することが出来る。この時の伝送帯域を見積もると2GHz·kmと求まり、従来の約400倍に達することが示された。

【0062】このことを具体的に述べると、従来のポリメチルメタアクリレート光ファイバ(以下、POF)を用いた光伝送システムにおいて、3km以上の距離の光伝送に不可欠であった中継器の存在が、5km以上の伝送距離においても不要となることである。従って、本発明の半導体レーザ装置とPOFとを組み合わせて得られた知見により、新たな光伝送システムを提案できる。この光伝送システムは、市街地を網羅するLAN(Local

Area Network)において、基地局と中継局もしくは受信局との間、又は中継局と中継局もしくは受信局との間を結ぶいすれかの伝送線の少なくとも一線が3km以上、望ましくは5km以上且つ10km以下の長さの有機材料からなる光ファイバで接続され、当該光ファイバ内を600nm以下の波長の光信号を伝搬させることを特徴とするものである。

【0063】図9にその一例を示す。この図に示す光伝送システムは、従来のSiO₂又はこれにB₂O₃やGeO₂混合して形成した光ファイバ60を用いた所謂幹線系の光伝送システムと上述のPOF53を用いた加入者系の光伝送システムとを組み合わせたものである。

【0064】加入者系の光伝送システムは、中継局の信号送受信端子と加入者A(一般家庭)61や加入者B(オフィス・ビルディング)64の信号送受信端末55とをPOFの加入者系光伝送線54を介して接続して構成される。各加入者は、加入者系光伝送線54からの光信号を信号送受信端末55の受光素子52で電気信号に変換し、この信号に載せられる情報をテレビ(例えば、文字放送チャンネル)62やファクシミリ(例えば、電話機能付)63、コンピュータ端末65で受け取る。受光素子は、実施例1の半導体レーザ素子から電流狭窄層8を除いただけの積層構造を有するフォトダイオードを用いる。加入者が基地局への情報の要求や他の加入者への情報発信をファクシミリ63やコンピュータ65のキーボードから行うと、夫々の機器から発信された電気信号は信号送受信端末55の半導体レーザ装置51で光信号に変換され、加入者系光伝送線54、場合によっては中継局をも介し、基地局や他の加入者の信号送受信端末55へと情報が送られる。加入者の信号送受信端末55の半導体レーザ装置51は実施例1で述べた仕様のものを用いる。図9には、加入者系光伝送線54に加入者ABしか加入していないが、実際は1千世帯以上(普及すれば、更に1~2桁上昇)が加入している。

【0065】上述のように、POFに限らず光ファイバを介した情報通信においては信号伝送媒体となる光のファイバ内における損失が問題となる。従って、加入者なり基地局からの信号を伝送する過程で中継局を通して一旦信号を電気に変換し、増幅器58で信号のS/Nを高めるように電気信号を増幅し、再度光に変換してファイバに流す。このような手法は従来から行われていたが、本発明の半導体レーザ装置51及びこれに準じた構造の受光素子52とPOF伝送線53を用い、600nm以下の波長の光を信号伝送媒体として、次のような光伝送システムを構築できる。

【0066】図9が示すように、本発明が新たに可能とする光伝送システムにおいては、基地局57、中継局56、加入者61、64が全て本発明の半導体レーザ装置51が発振する600nm以下の波長の光を媒体とした情報ネットワークが形成されている。図8から明らかな

ように従来の650 nm付近の波長の光を媒体とした場合に比べ、460～535 nmや560～575 nmの波長の光を媒体とした場合POF53における光の伝送損失は0.1 dB/mと低くなり、同じ強度の光を一桁近く遠い距離まで伝送できる。このため、従来ビルディング内や工場内のLAN(狭域内光通信)にしか実用的利点なしとされたPOFによる光通信ネットワークが、政令指定都市レベルの広さまで拡張できる検討結果を得た。即ち、POF伝送線53に約570 nmの波長の光を伝送する場合、最大10 km迄増幅なしで情報を高いS/Nで送れるため、中継局を今までになく離間して設置できるのである。ここで注意すべきは、この光伝送システムの光源は上述の本発明のII-VI族化合物半導体レーザ装置に限定されず、560～575 nmの波長の光を発振できるならばIII-V族化合物半導体レーザ装置を用いてもよい点である。しかし、本発明者が調査した限りでは現段階でII-VI族化合物半導体レーザ装置以外に実用の見込みのある光源を見出していない。

【0067】例えば横浜市の場合、基地局を新横浜駅前に、ここからPOF伝送線を南は金沢区富岡、北は緑区長津田まで区毎に1ヶ所ずつ設けられた中継局に結ぶだけで市内を完全に網羅する光通信ネットワークが完成できる。各区において、一中継局から加入者系光伝送線54を区内全域に敷設できるのもPOF伝送線53による波長約570 nmの光伝送の利点であり、POFや発光受光素子の安価さに加え、中継局数が少ない分、光伝送システム構築の初期投資が軽減できるため、地域住民が加入しやすい光通信ネットワークが提供できることも期待される。

【0068】図9では、基地局に光-電気変換装置59を介して幹線系と加入者系の信号の授受を行う機能を示して有るが、このような構成により、A市内のLANとB市内のLANとを幹線系の伝送線を介して接続できる。

【0069】このように、本発明の半導体レーザ装置の性能は、POFを用いた安価で高性能な新たな光通信システムの構築を可能にする。いうまでもなく、本発明による600 nm以下の発振波長の光源の実現はPOFを用いた光伝送システムのみならず、有機材料で形成された高分子材料の光学纖維で、その最小伝送損失波長(又は伝送損失が0.1 dB/m以下となる波長)が600 nm以下であるがために、今まで光伝送システムへの応用が見合わされていた材料の活用をも可能にする。

【0070】この他にも、例えば光ファイバジャイロに対してポリメチルメタアクリレート(PMMA)の光ファイバと本発明が実現する発振波長560～575 nmの光源とを組み合わせれば、性能/価格比の大幅な改善

が見られるなど、本発明による半導体レーザとPOFとで構成されるシステムは幅広い分野への応用が考えられる。

【0071】

【発明の効果】本発明により、安価で高品質なZnTe単結晶基板上に、ZnCdMgSeTeを主材料し、p型ZnTeを埋込再成長層に用いたII-VI族半導体レーザ構造を作製することにより、紫色から橙色の波長域でレーザ発振可能な、製品レベルの高い水準にある高性能の半導体レーザを提供できる。

【0072】また本発明を用いて提供できる可視域半導体レーザを光源に用いると、小型超高精細画像発生装置、従来になく高密度な記録容量を持つ光ディスク装置、或いはプラスティックファイバと組み合わせて用いると、LAN(狭域内光通信)、ボード間光インタコネクト、加入者系、光ファイバジャイロなどの身近で低価格高性能なシステムを提供出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】禁制帯エネルギーと格子定数の関係を表す図。

【図2】半導体レーザのバンド構造を表わす概略図。縦軸はエネルギー、横軸は基板からのレーザ構造縦方向深さを示す。

【図3】半導体レーザのバンド構造を表わす概略図。縦軸はエネルギー、横軸は基板からのレーザ構造縦方向深さを示す。

【図4】半導体レーザのバンド構造を表わす概略図。縦軸はエネルギー、横軸は基板からのレーザ構造縦方向深さを示す。

【図5】半導体レーザ構造縦方向の格子定数を表わす図。縦軸は格子定数、横軸は基板からのレーザ構造縦方向深さを示す。

【図6】半導体レーザ構造と材料組成を表わす素子断面構造図

【図7】画像表示装置の概略を表わす図。

【図8】プラスティックファイバの伝送損失特性を表す図。

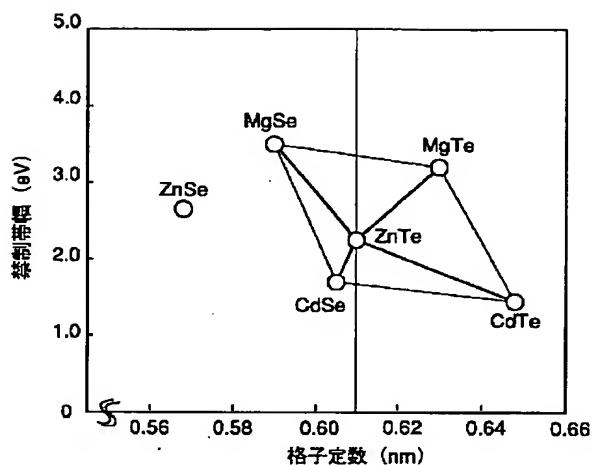
【図9】本発明の半導体レーザ装置とPOFを組み合わせた光伝送システムを模式的に表す図。

【符号の説明】

- 1…基板、2…p型クラッド層、3…p型光ガイド層、4…活性層、5…n型光ガイド層、6…n型クラッド層、7…コンタクト層、8…埋込層、9…p側電極、10…n側電極、11…2次元スイッチアレイ、12、13、14…半導体レーザ、15…同期信号制御回路、16…ビーム形状制御装置、17…スクリーン、18…光路調整装置、19…光分波結合装置、20…レーザ光。

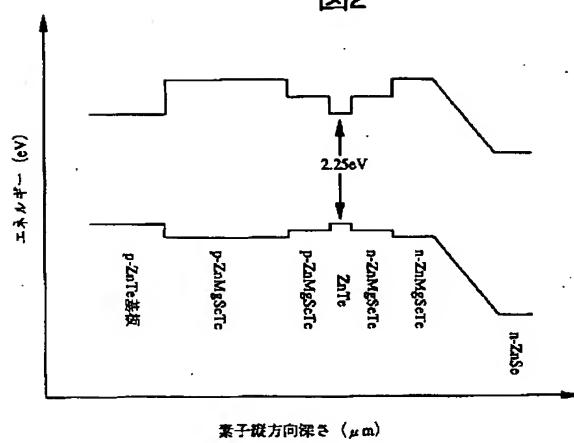
【図1】

図1



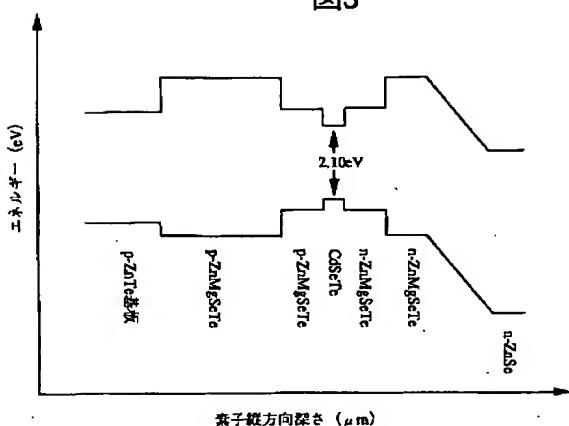
【図2】

図2



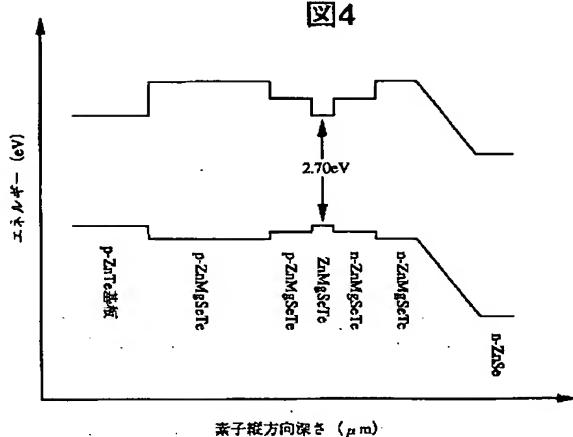
【図3】

図3



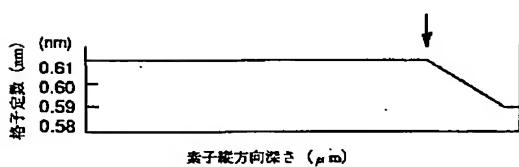
【図4】

図4



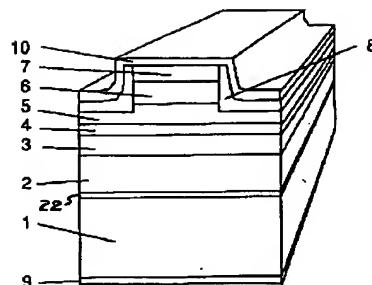
【図5】

図5



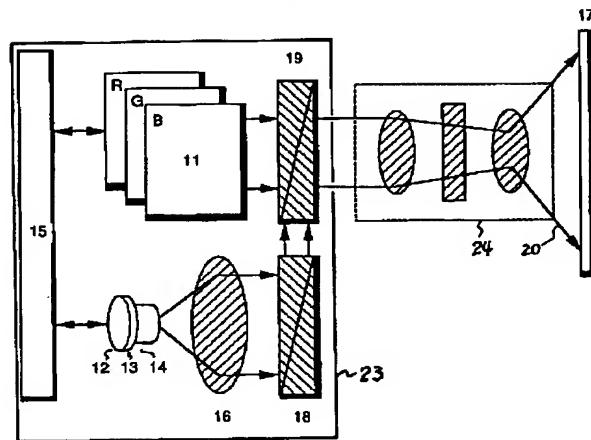
【図6】

図6



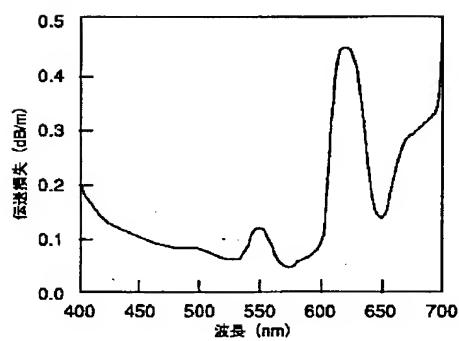
【図7】

図7



【図8】

図8



【図9】

図9

